日本水産学会誌

第二十三巻　第十一号

Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries

Vol. 23, No. 11, 1958

目　次

昭和三十三年
日本水産学会
The Japanese Society of Scientific Fisheries
TOKYO

CONTENTS

* In Japanese with synopsis in English.

All communications and publications should be addressed to :
Japanese Society of Scientific Fisheries, c/o Tokyo University of Fisheries, Shiba Kaigandori 6-chome, Tokyo, Japan.

日本水産学会投稿規定

1. 報文の投稿者は本会員個人に限る。但し会員外の共同研究者を含むことは差支えない。
2. 報文は投稿者の原著で他の刊行物に未発表のものに限る。
3. 報文は総て本会に送付し，本会に到着した日を以つて，受付月日とし，受付けた原稿は総て編集長の指定する2名の編集理事が回覧し，掲載可と認めたものはそのまゝ受理する。この場合の受理月日は受付月日とする。編集理事が其のまゝ掲載することに疑義をいだいた場合は編集長にその旨報告する。この場合編集長は編集会議を招集，審議し，受理し得ないと認めた場合はその理由を附し，原著者に返却し，訂正を求める。この場合の受理月日は，学会が訂正原稿を受理した月日とする。受理した論文は，その受理月日の順に掲載する。但し，その報文又は報文抄録が印刷費著者負担の場合は，会誌を増頁して掲載する。抄録を希望する場合は本論文をそえて提出すること。
4. 原稿1篇の長さは原則として刷上り4頁（表題．200 語の英文抄録を除き，図表の占める紙面を含め約 7000 字相当）とする。原稿一篇の学会負担の基準印刷費（7.200 円）を超過した場合は著者が負担する。
5. 会員が会費又は著者として負担すべき印刷費の支払いを怠るときは，支払いのあるまでその会員の報文の受理又は掲載を見合せることがある。
6. 邦文報告には原則として 200 語以内の英文抄録（題名と著者名とを附記，名前は省略せぬこと，）を添える。
7. 図表には英文の説明をつける。邦文を併用してもよい。
8. 投稿の細目については別に定める注意書きに従う。

投稿に関する注意

1. 原稿を投稿するときには，本会所定の投稿カード（請求により配付する）に必要事項を記入し，之を原稿に添え本会に提出する。
2. 初校は原則として，著者が校正する（校正は迅速に行う事)。尚文章又は図，表の変更や追加は禁ずる。再校以後は編集部で校正する。
3. 英文抄録，図及び表の表題，説明等の英訳を希望される向はその原案を添えて投稿されたい。但し実費を申し受ける。
4. 別刷りの料金（X円）は次の式によつて算出される通りとする。X＝(1＋P)（N—50）円 P:頁数，N：別刷数（50 部を単位とする）従つて 50 部までは頁数に関らず無料である。特に表紙をつけることを希望される場合は，著者負担によつてこれをつける。(50 部当り 300 円)
5. 投稿後掲載までの間に著者の連絡先が変つたときには必ず通知されたい。

原稿の書き方

原稿は会誌体裁の統一，誤りの防止，編集印刷の便宜上次の諸規定を守られたい。既出報文との調和其の他のために例外を望まれる著者はその都度明記されたい。

1. **邦文原稿**は本会所定の原稿用紙にペンで横書きにし，記述は簡単明瞭にし新かなづかいを用いて難かしい漢字はさける。英文抄録は本文とは別葉にする。
2. **欧文原稿**は厚手の上質紙に2段送りのタイプで打つ。欧文本文以外の欧文個所はペン書きでもよいが必ず活字体を用いる。
3. **字体の指定**は右の如く赤で入れる。

abcd (イタリ)	abcd (g，ゴチ)	Abcd (大)	ABCD (s. c.)	OO\1)/	A/12\
Italic	**Gothic**	CAPITAL	CAP. & SMALL CAP.	うわつき（かたつき）	したつき

4. **表題** 主題・副題は別行に書き各々ピリオド（.）をつけない。第○報の場合はローマ数字（I，II）にして（——）でつなぎ数字の後に（.）をつける。
英文主題では第一語の他，名詞，副詞，形容詞，〔動詞は慣用に従う〕の頭文字は大文字にする。

5. **著者名** 邦文では連名の時は（・）で連ねる。ローマ字では名の頭を Capital 後は Small，姓の頭を Capital 後は Small Capital にする。連名の時は（,）で連ね最後の名の前を（and）で連ねる。（&）は用いない。末尾に（.）はつけない。

6. **所属** 著者名の下に（ ）で囲む。本文が邦文の時は英文の所属は入れない。但し著者が希望すれば脚註で入れてもよい。本文が英文の時は字体を *Italic* にする。

7. **図表** 表題，説明，内容とも英文で書く。必要ならば邦文併用もよい。番号は（Fig. 1. Table 1.）とする。番号，表題，説明は図ではその下に，表ではその上に入れる。表の細かい説明は下でもよい。邦文併用の時は邦文の番号（第1図，第1表）は省く。図表は必ず本文と別葉にし，本文中に挿入個所を赤で指定する。又本文中に引用する時は（Fig. 1, Table 1）を用いる。

8. **附図** 附図は1頁大の図版で（Plate）とし，なるべく図末に入れる。原図が写真であつても本文中に組込む時は Fig. にする。附図の番号はローマ数字（I，II）を用いる。

9. **生物名** 邦文ではカタカナの和名の次に，学名を *Italic*（命名者名は Roman で頭文字を Capital, 後を Small Cap.）で入れ，英文では俗名の次に学名を邦文と同様に入れる 。〔その間は（,）で切る〕これを原則とするが論文により必要がなければ一部又は全部の学名，俗名を略してもよい。学名は（ ）で囲まない事。

10. **化学名** 邦文中の外来語の化学名は一般的なものはカタカナを用い，英文を用いねばならない時は Small で入れる。

11. **人名** まぎれない時は姓のみを記し名と敬称とを省いてもよい。欧名でも姓のみで頭文字は後は Capital，後は Small capital で書く。

12. **単位及び記号** 単位を表わす文字は英文中では（C.，cc.，m*l*.，kg.，m.）の如く（.）をつける。但し（Ω, μ, γ, N, M, pH, 及び方位の N, S, E, W）には（.）をつけない。邦文中ではこれらの（.）はすべて省く。量を代表する記号は（長さ l，高さ h）の如く *Italic* にする。

13. **邦文本文中の外国語**（横文字の場合）は人名，地名，ドイツ語の名詞等を除き Small で入れる。同一邦文中で同一物名の和洋語の混用はさける。

14. **文献** 本文中の関連個所にうわつきで一貫番号をつけ一括して末尾に集める。番号はアラビヤ数字（1,2,3）を用い片カッコ（1), パーレン）で囲み各行の末尾にピリオド（.）をつける。著者名は姓と名とを書き著者名の後はコロン（：）で切る。雑誌名の略し方は慣用方に従う。日本水産学会誌のことは本誌とする。英文雑誌名は *Italic* で書く。雑誌の巻番号は Gothic にする。西歴年号は必ず入れる。文献の見出しは（文献，References）とする。同一著者名，同一雑誌名を連記する時は（——）で略してもよい。
　文献の書き方について著者の都合で上の指定によらない時は特にその事を付記しておく事。

15. **脚註** 脚註は数字でない記号（*, **）を用い関係頁の下段に入れ巻末に集めない。

北西部太平洋に於けるビンナガマグロ漁場動態に関する研究—I[*1]. 漁獲水温より見た冬ビンナガの水温に対する適応性

井 上 元 男
(東海大学産業科学研究所水産研究部)

Translated see Reprint File

Studies on Movements of Albacore Fishing Grounds in the Northwest Pacific Ocean—I. Adaptability of Water Temperatures for Albacores in the Winter Season from Observations of Records on Catches and Optimum Water Temperatures by Fishing Boats.

Motoo INOUE

Albacore schools moving southward in the winter-spring period in the Northwest Pacific Ocean adjacent to Japan are divided into the surface swimming tunas by pole fishing, and the deep swimming tunas by long line fishing.

We know that the migration of albacores in the winter-spring period is the seasonal migration. Now, from the analysis of the fishery reports on the albacore fishing for the period 1951–1956 regarding the seasonal migration of albacore tunas between the latitudes 25° N and 40° N, and the longitudes 130° E and 180° E, the principal information obtained by this work are as follows :-

1) It is found that the optimum temperatures in the albacores' "life zones" are variable, but there is a tendency to show a higher optimum temperature for large-sized tunas, and a lower temperature for small-sized tunas, seeing from their body weights (Fig. 2), and the water zones under 16.3° C and over 22.8° C are regarded as "environmental resistance"*, or "environmental barrier", which prevent the albacores' migration, and also the formation of fishing grounds, in which the present methods of pole and long line fishing are exercised (Fig. 2).

2) It seems that albacores moving southward in winter, and northward in early spring have the "life zones", which indicate the different optimum temperatures, namely, the higher temperature for large-sized tunas, and the lower temperature for small-sized tunas,

3) Paragraph 2 makes it clear that principally in the North Pacific Current Area, northward the Subtropical Convergence Line, the "habitat segregation" is also made for albacores as emphasized by Dr. IMANISHI and Dr. KAGI (Fig. 2, Fig. 3).

4) It can be said that the large-sized albacores migrating southward in winter precede the small-sized albacores, and vice versa in spring.

* Include a general Idea of the resistance in the Science of electricity.

1. 研究の背景

鮪漁業の漁獲の向上と安定した漁獲量を得るためには適切な漁場の選定が第一条件であると云つても過言ではないであろう。しかし冬季及び春季，北西部太平洋の南下期，北上初期のビンナガの性状は夏季魚群が鳥付群或はハネ群等であるのと異なり，殆ど魚群は中層を游泳しているため，漁場の選定は非常に困難である。従来漁船は経験的に水温，水色等により，漁場の選定を行つてきたが，水温配置と漁場の形成，移動，滞

1957 年 9 月 6 日受理

* 本報告は 1955 年 4 月，日本水産学会大会に発表したもの一部である。

留等に関して，巨視的な観点から水温図を眺める習慣は少い。

しかして北西部太平洋に於ては黒潮，親潮の勢力が強く，寒暖両流が入り混じり，年々複雑な変動を繰返して居り，その海流の変化を間接的に表示する水温配置は年により大きな変動を示している。近年に於ける冬ビンナガの漁獲量の変動（Fig. 1. 参照）は一つに海況変動に伴い漁場形成位置が大きく東沖合に変動したことを知らずに漁船が近海漁場に何時までも集中し，漁場の選定が不適当であつたと考えられる場合もある。[*2]

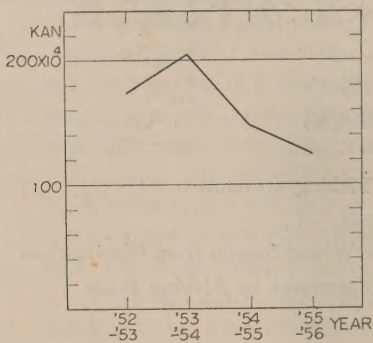


Fig. 1. Albacore landings at Shimizu and Yaizu, Shizuoka prefecture. November-March, 1952-1956 (UNIT : 10,000 kan=37.5 metric tons)

幸に近時，北西部太平洋に於ては海況の資料特に表面水温分布図が気象庁海洋気象部，海上保安庁水路部，東海区水産研究所，東北海区水産研究所，其他水路関係各部所より定期的に刊行されるようになり，海況の様相は水温分布図により年毎に明らかにされている。

著者は1953年より表面水温による水温配置とビンナガ魚群の生態を綜合し，漁場の選定を容易ならしめるよう，本研究所より“ビンチヨウ鮪漁場予報”[20] を業界に行つてきた。水温配置と漁場予報については，宇田[1] は紀南海域の冷水塊の水温配置及び亜熱帯収斂線と漁場形成を図解し，漁場予報の可能性を論じている。木村[2] は多年に亘る旬別の水温図と漁場形成を図集にし，また，東北海区水産研究所より漁況速報[19]を発行し，水温配置とビンナガ漁場形成の様相を明らかにしている。川合[3]はビンナガ漁場は黒潮流路外側の低温部に分布することを述べている。著者[4),5),6)] は北西部太平洋の冬季ビンナガ漁場と旬別の水温配置より海洋型と漁場の形成，消滅，滞留，配列，夏季野島崎沖ビンナガ漁場の予知，予報の可能性を論じて居り，近時ハワイ太平洋漁業研究所の調査から SHOMURA と OTSU[7] は中央北部太平洋のビンナガの分布と表面水温分布を図示している。又，最近，川崎[8] は竿釣りの夏季ビンナガの海況と漁況の関係を塩素量に主体を置き塩素量が高く表面から中層までの水塩差の少い水塊に漁場が成立することを述べ漁況予報の可能性に言及している。

水温分布と漁場との関係を結び付けようとする試みは種々な記載の形となつて相当以前から行われ，むしろ近時に於ては慣習的な記載事項のように平然と取扱われてきたようにさえ思われるが，この最も広く，定期的に判明している表面水温資料を利用し，真正面から水温配置と魚群の生態を考究し，漁場の予報にまで応用しようとする研究は少いように思える。

此処に漁場予報の基礎的問題として，魚群の生活の場を魚群の主体的環境水温により区分し，適温洄游機構の概括的な究明を試みた。

資料としては東北海区水産研究所と協力して集めた1951年から1956年迄の 11 月から 3 月に至る清水，焼津港に毎日水揚した竿釣り及び延縄漁船の漁況報告，清水，焼津港魚市場資料を用いた。

本研究を行うにあたり漁況報告を研究に利用させて頂いている東北海区水産研究所所長木村喜之助博士，及び所員各氏の御好意に対し深く謝意を表する。

又，終始理解ある援助を受けた本研究所岩下光男部長，服部稔郎，古川鈊三郎の諸氏に対して感謝する。

尚，研究取纏めに際し，御指導，御校閲を頂いた三重県立大学水産学部石井一美教授また文献の借用その他御便宜を計つて頂いた東京教育大学動物学教室中島稚男博士，静岡大学教育学部稲葉茂正助教授に対して

---

*2 1953 年 12 月中旬の竿釣り漁場は 143—145° E 35—39° N 辺で，この時の海況は 20°C 内外の黒潮暖流が近海を掩い西に高く東に低い水温配置であつたが， 1954 年の同期の漁場は 145° E 以西 35—31° N 及び 151—153° E 38—39° N 辺に形成され，水温配置は前年度正反対の西に低く東に高い海洋型を示したが，多くの漁船は経験的に近海に漁場を選定し不漁であつた。'55—'56 年も前年度と同様な水温配置を見，漁場も沖合に形成されたが，1 月中旬以降巨視的な水温配置が例年と大きく異なり，漁船は主漁場を発見出来ず漁場は東西に分散し，不漁であつた。尚，'55—56' 年の水揚高の減少は東沖 1,000 哩以東延縄船の減少にもよる。

深謝する。

2. 南下期に於けるビンナガの適温洄游の分析

(1) 平均体重別に見た生活適温帯と魚群のすみわけ

冬季 11 月から 3 月の北西部太平洋に於ては 130—180°E 25—40°N で竿釣り，延縄により冬ビンナガ漁業が行われるが，かかる冬季では漁場の表面水温は 10～20°C で低く，ビンナガはサンマ，イカの他，主に Copepoda 等の動物性プランクトン類を多く捕食して居り，洄游生態としては寒冷な水温を脱し，温暖な水温を求めて南下する適温洄游の性質が強い。従つて当然，海況の変化に対して，特に水温の変化に対して敏感である。[4),5)] 宇田[9)]は豆南海域のビンナガの最多漁獲水温は18—19°C の間にあると述べ，川崎[10)] は 17.0—19.0°C で漁獲され冬季の成層状態から考えて恐らく棲息水温に近いであろうと述べている。

著者は 1953 年より 1956年 に至る 12 月から 3 月の 130—180°E, 25—40° N 間の竿釣り漁船の資料より平均体重別に水温差 0.5°C 毎の漁獲水温曲線の百分率ヒストグラム代表値より Fig. 2. の如き結果を得た。

即ち冬季の漁獲水温を生活適水温の近似値と看做せば生活水温のうち特に最適な生活水温帯即ち “生活適温帯” (modal temperature の部分) は年度別に多少変化しているが，*3 (Fig. 2. 参照) 魚体別に見た生活適温帯の全般的傾向は魚体の小さいものほど生活適温は低く，魚体の大きいもの程生活適温が高い，即ち小型魚<中型魚<大型魚の順に生活適温は高くなつている。

このことは実際の冬季及び夏季の漁場形成が同一時期同一海域の漁場に於て，北方は 0.8～3 貫の小型魚，南方は 3～6 貫の大型魚

*3 '54—'55 年度の 0.1～1 貫，2～3 貫の mode の不順，或は年度別の同級魚の mode 不順は，竿釣の冬ビンナガ漁が主として 0.1～3 貫の小型魚を対象とし，その主漁場が年度毎の寒暖両流の張り出し，及び勢力消長により (*2) '53—'54年の 35—39 N 145° E 以西，'54—'55 年の 35—31° N 145° E 以西，'55—'56 年の 38—39° N 151—153° E に形成されたため，漁場位置の南北の変化及び漁場表面水温の年変化に起因すると考えられる。

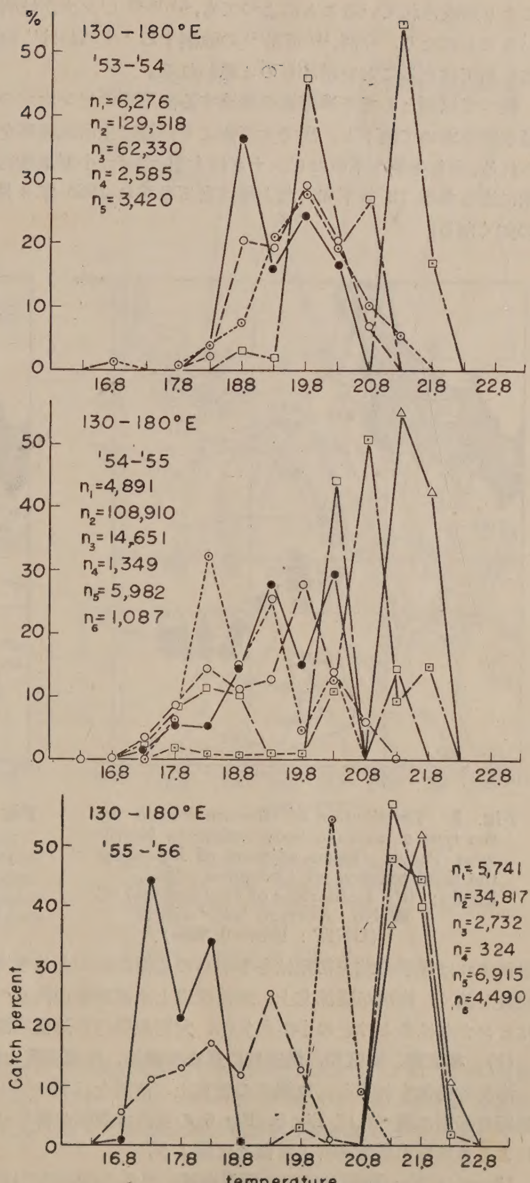


Fig. 2. Catch Curves and optimum temperature of the pole fishing albacore by the type of body weight November-March, 1953-1956.

Figure ;
body weight. (UNIT : kan=8. 3 lbs.)

●	0. 1～1. 0 KAN	n_1	: number of Catch fish	
○	1. 1～2. 0	〃	n_2 :	〃
⊙	2. 1～3. 0	〃	n_3 :	〃
□	3. 1～4. 0	〃	n_4 :	〃
⊡	4. 1～5. 0	〃	n_5 :	〃
△	5. 1～6. 0	〃	n_6 :	〃

により形成されていることによつても,[4,5,19,20] ビンナガは明らかに水温差のある生活の場を魚体別に持つていることになり，今西,[11] 可児[12] の強調する“すみわけ”の理論[13],[14] が海洋に於ける大洄游性のビンナガにもあてはまることを示すものと思われる。

従つて原則として冬季寒流の発達する南下期のビンナガのうち大型魚は低温をいち早く忌避し，高温な適温水帯を求めて南下し，次で大型魚より低温に生活適温帯を持つ小型魚が遅れて南下しているように見受けられる。即ち冬季南下中のビンナガは大型魚先行，小型魚後行の洄游を示すことになる。一例を 1954 年の南下期に当る冬季 12 月下旬，北上期に当る春季の 1955 年 3 月中旬に於ける魚体別の分布図を示せば Fig. 3, 4 の如くなる。

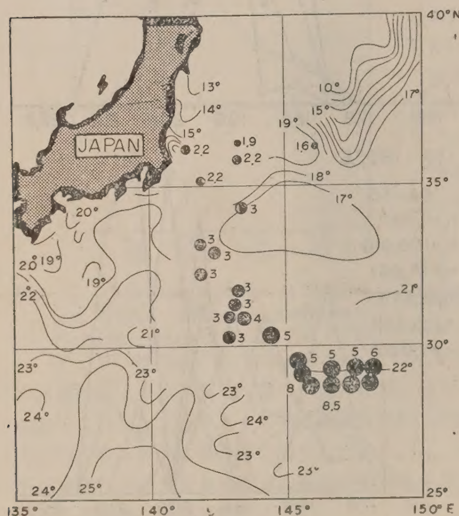


Fig. 3. Distribution of albacore schools by the type of average body weight in Northwest Pacific Ocean adjacent of Japan for the third ten-days of December, 1954.
Figure; -0°- Isothervms of Sea(Surface) °C
● No. Average body weight
(UNIT : Kan=8. 3 lbs)

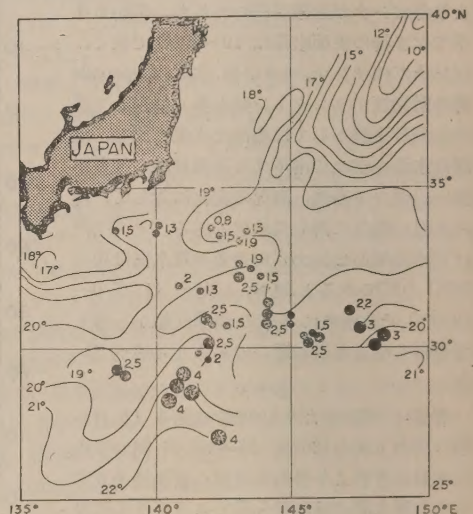


Fig. 4. Distribution of albacore schools by the type of average body weight in Northwest Pacific Ocean adjacent of Japan for the second ten-days of March, 1955.
Figure ; Same as Fig. 3.

附言すれば春季の北上初期は冬季からの生活環境である水塊及び食性等の生活習性が持続され，適温洄游の性質が強く，海況が暖流北上，寒流後退と水温配置の南北への移動方向が逆になるため，春季 3, 4 月以降はビンナガは冬とは逆の小型魚先行，大型魚後行の適温洄游をすることになる。(Fig. 4. 参照)

(2) 年度別，海区別，漁法別に見た生活適，不適温帯と魚群のすみわけ

海況的特徴を加味し，取纒めの便宜上，海区を 130—140°E, 140—150°E, 150—180°E に分け，竿釣り，延縄漁法別に調べれば Fig. 5, Fig. 6 の生活水温図が得られる。又，竿釣りによる魚群を表層游泳群，延縄による魚群を中層游泳群と看做せば図より，

130—140°E ; 伊豆列島線の西側海域に当るこの海区では中層游泳群について見ると '51—'52 年度の資料を除き毎年 18. 8°C の生活適温が見られ, 又, 18. 8°C 乃至 19. 3°C の mono modal の年と 18. 8—19. 8°C と 20. 3°C 辺との両方に mode を持つ bimodal の年があることが分る。表層游泳群は '51—'52 年を除き中層游泳群より表面水温にして 3°C 以内の高目の適温を示して居り，17. 8—18. 8°C の間， 19. 8—22. 8°C の間に mode を持つ bimodal な生活適温が見られ，表層，中層魚群とも 19. 8°C 辺を主として，生活水温を異にする魚群集団が存在することを示している。

140—150°E ; 中層游泳群では '55—'56 年を除き 18. 3°C, 18. 8°C が生活適温であり，mono modal の年と僅かながら bimodal の傾向を示す年が見受けられ，凡そ 20. 3°C 以上の高目の生活適温帯を持つ群が

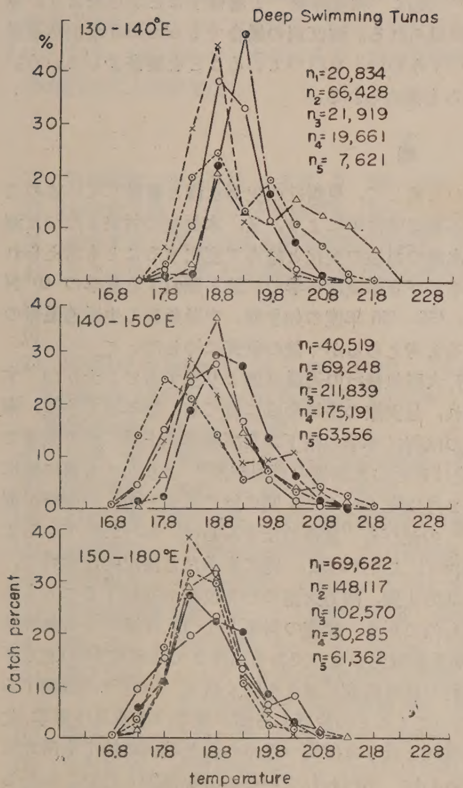


Fig. 5. Catch Curves and optimum temperature of the pole fishing albacores (surface swimming tunas) by the type of the stated sea region in Northwest Pacific Ocean adjacent of Japan from November to March, 1951–1956.

Figure ; ● '51～'52 n_1 : number of catch fish
× '52～'53 n_2 : 〃
△ '53～'54 n_3 : 〃
○ '54～'55 n_4 : 〃
◉ '55～'56 n_5 : 〃

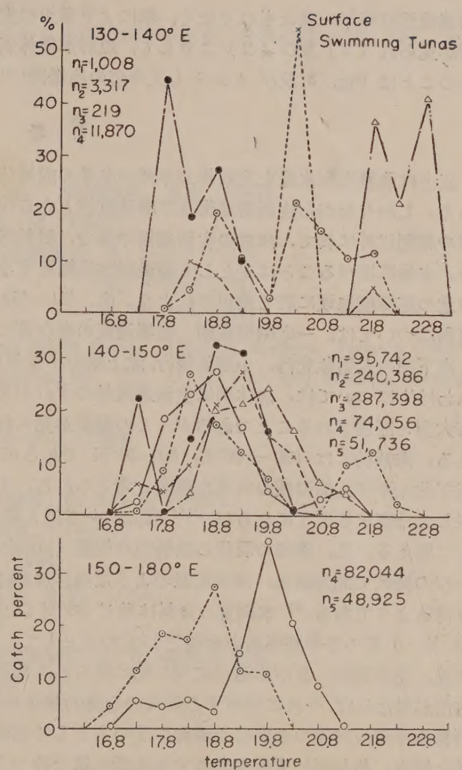


Fig. 6. Catch Curves and optimum temperature of the long-line fishing albacores (deep swimming tunas) by the type of the stated sea region.

Figure ; same as Fig. 5.

年により出現することを示している。又，表層游泳群は中層游泳群より表面面水温にして 1°C 以内の高目の水帯が生活適温となつている。modal temperature の型により，130—140°E 海区と 140—150°E 海区共に 17.8—18.8°C の生活適温が見られ，伊豆列島線を越えて両海区間に魚群の交流があることを示している。

150—180°E ; 黒潮勢力の diverge するこの海区の中層游泳群の生活適温は 18.3—18.8°C に見られ，表層游泳群は中層游泳群より 0.5° 乃至 1°C 高い 18.8°，19.8°C に適温が見られ，表，中層魚群とも mono な型をしている。しかしながら本海区の漁場形成が他の海区に較べて集約的に狭い水帯で，しかも東西に形成され，同一時期に南北に形成されることが少いので，恐らく今後の研究結果から生活水温は bimodal になることが予想される。

以上を総括すると冬季 130—180°E 25—40°N の海域では Fig. 2—Fig. 5 から表，中層游泳群とも表面水温 16.3°C 以下の低い水帯，又は 22.8°C 以上の高い水帯では現行の竿釣り，延繩漁法による漁場形成から見て，主漁場を形成することがなく，これら水帯は“生活不適温帯”であり，魚群の洄游を阻止し，或は

迂廻させる作用を持つように考えられ，之を“環境抵抗*4”或は“環境障壁”と看做すことが出来よう。生活適温帯は毎年一様なものでなく，年により多少の変動が見られる。海区別の場合でも bimodal な生活適温帯が見られ（1）及び（2）よりして，魚群が魚体別の“すみわけ”を行つていることを裏書きしている。このことは Fig. 3 及び 4 からも又今迄の漁場図[4,5]からも確められる。

3. 考　　察

以上は漁獲表面水温を北西部太平洋の冬季の成層状態から推して，見掛けの生活水温と看做しているのである。しかしながら生活適温帯及び環境抵抗となる生活不適温帯は年により，又，本調査の対象となつた海域や期間以外に於て，魚群の生活週期や塩分，餌料等の水塊の属性の変化と絡んで変化することも考えられる。本論に述べることは主として適温洄游生態をする冬季及び春季或は冬季の状態と類似する夏季の 40°N 以北の高緯度海域に於て適用されよう。尚，′51—′52 年，′55—′56 年度の如き表，中層魚群の生活適温帯の変動については，一応環境変動，漁場選定の変化等によると考えらるが今後の研究に待ちたい。

南下期の大型魚先行，小型魚後行，北上期の小型魚先行，大型魚後行の適温洄游より生ずるビンナガの“すみわけ”については，魚体別に生活適温帯のずれが見られ，且実際の漁場形成に於ても，毎年北方小型，南方大型と区別されることであるが，この現象が見られるのは特に冬季の南下期及び春季北上期に於て顕著である。海域的には 130—180°E，30—40°N であるが，之は最近の米国側の調査結果[7]よりしても更に東に延び北太平洋北部海域の共通な現象と考えられる。主に 2 月以降 28—30°N 間に於ては大・中・小型群が混在して分布するようになるが，[4),5)]（Fig. 4 参照）森下[15]の述べる“重複的なすみわけ”が行われているように思える。又，著者の既往の漁場図の相観（physiognomy）よりすれば，特に夏季など海況的な変異で，一つの海区で北方高温，南方低温のような型になれば，北方小型，南方大型の分布位置が逆転することもあり得るようである。*5 本調査の資料は殆ど 28°N 以北のものであり，調査の対象となつた漁場からの魚群は 11 月—3 月の冬季亜熱帯収斂線*6 以北の主として，黒潮系流域内のものである。今までに須田[16]の北太平洋流，北赤道流，及び赤道反流域の間に見られる異海流別の体長組成に重きを置く研究，中村[17]の強調する海流が異なれば，それに分布する魚群の生態的意味が異なつてくるとの説等あるが，著者は冬季及び春季，北西部太平洋流内部の亜熱帯収斂線以北の主として黒潮系流域と云うほぼ同一性格の海流域内に於ても南北に見た場合，魚体別に水温を異にする生活の場を持つ“すみわけ”が行われていることを強調したい。かかる“すみわけ”機構が水温差以外の如何なる意味を持ち，如何なる変遷をするものか，更に究明したいと考えている。

しかして，魚群の“すみわけ”を区分する生活適温帯，生活不適温帯—環境抵抗若くは環境障壁の概念は巨視的に見た魚体別の漁場予報の指標として有効であり，北西部太平洋の等温線の資料は天気図に於ける等圧線の如く，利用価値は増大すると考えられる。

4. 要　　約

130—180°E，25—40°N 間の北西部太平洋に於て，11—3 月の間のビンナガの適温洄游生態を分析すれば

（1） ビンナガの生活適温帯は年により，多少の変動があり魚体別には小型魚より大型魚に向うにつれ，生活適温が高くなる傾向が認められる。又，16.3°C 以下の水帯及び 22.8°C 以上の水帯はビンナガの生活不適温帯若しくはビンナガの洄游及び漁場形成を阻止する“環境抵抗”若しくは環境障壁と看做される。

（2） 魚体別の生活適温より南下期及び北上初期の大型魚は高温に，小型魚は低温に水温を異にした生活の場を持つようである。

*4 環境抵抗の概念は従来，生態学上，生物の繁栄能力を制約する環境条件について述べられているが，著者は電磁気学で云う抵抗の概念を入れて，生物の移動を制約する環境条件をも含むと拡張したい。即ち魚群の洄游移動を電流になぞらえて魚群の洄游を阻止し，或は迂廻させる条件を具えた海洋の水塊，或は水帯を抵抗体と考えるわけである。

*5 1956 年 6 月 20 日以後の 158°E 32°N の漁場の如く，小型魚が南側水域に取残されることがある。

*6 宇田[9]，日高[21]及び気象庁海況旬報[18]，同庁未発表の 100 m 下層水温図よりして，11—3 月の間に於ては亜熱帯収斂線は 23—25°N 間に分布している。

(3) (2)より亜熱帯収斂線以北の主として，北太平洋流域と云う同一海流域内に於て，今西，可児が強調する"すみわけ"がビンナガにとつても行われると考えられる。

(4) (1)，(2)からビンナガは冬季，大型魚先行，小型魚後行の南下洄游を，春季には小型魚先行，大型魚後行の北上洄游を行う。

文　　献

1) 宇田道隆・徳永英松：本誌，**5**，295—300 (1937).

2) 木村喜之助："カツオ漁場図集（附ビンナガ漁場）"，黒潮書房，東京 (1949).

3) 川合英夫：東北海区水産研究所研究報告，**5**，8—24 (1953).

4) 井上元男：東海大学産業科学研究所水産研究部漁業資料，**3**，1—17 (1953).

5) 　　　：　　　　　　　　　　　　，**6**，1—33 (1954).

6) 　　　：　　　　　　　　　　　　，**7**，1—13 (1955).

7) Richard S. Shomura & Tamio Otsu : "Central North Pacific Albacore Surveys, Januory 1954—February 1955", Special Scientific Reporto : Fisheries No. 173. U. S・Fish and Wildlife Service, Washington, 16—22 (1956).

8) 川崎　健：東北海区水産研究所研究報告，**9**，69—107 (1949).

9) 宇田道隆：本誌，**4**，61—65 (1935).

10) 川崎　健・相沢幸雄：東北海区水産研究所研究報告，**6**，82—92 (1956).

11) 今西錦司："生物社会の論理"，毎日新聞社，東京，(1949).

12) 可児藤吉：日本生物誌，昆蟲・上巻 241—317 (1944).

13) 宮地伝三郎・森　圭一："動物の生態" 岩波書店，東京，(1953).

14) 森　圭一：生理生態，**5**，1—2，51—57 (1952).

15) 森下正明：ヒメアメンボの棲息密度と移動．動物集団についての観察と考察．京大生理生態学研究業績 **65**，(1950).

16) 須田　明：本誌，**21**，1194—1198 (1956).

17) 中村広司：水産科学 No. 14，9—17 (1954).

18) 気象庁：全国海況旬報

19) 東北海区水産研究所・東海大学水産研究部：漁況速報 5—6 月，(1951—1957).

20) 東海大学産業科学研究所水産研究部：ビンチヨウ鮪漁場予報 No. 1—70，(1953—1957).

21) 日高孝次："海流" 岩波書店，東京，(1955).

漁網の色に関する研究—Ⅳ. 照度変化が魚群の行動に及ぼす影響について

神 田 献 二・小 池 篤
（東京水産大学）

The Study On the Colour of Fishing Net—Ⅳ. A Change in Illumination Affecting the Behaviour of a Fish School Near a Coloured Net.

Kenji KANDA and Atushi KOIKE

Chief results of the present observations are summarized as follows:

1) A school of fish (*Salmo gairdnerii irideus* (GIBBONS)) meeting with a coloured net behaves differently as the illumination changes. Where-as it is the wave length of the light reflected by the net what is influential in the day time, both the kind and the depth of colour of the net affect the fish behaviour in twilight.

2) In the light of day time fish passage through a coloured net seems to be independent of the maximum distance at which the net is visible in water. But in twilight the more readily fishes become entangled in a net, the shorter the range of vision for the net.

3) No particular relationship seems to prevail between the brightness of the reflected light on a coloured net and the passage of a fish school through the net. In twilight, however, where fish enmeshing was observed instead of fish passage using a net of smaller sized mesh, it may be said that with nets of the same kind of colour, fish enmeshing takes place the more frequently in the darker colour of the net.

4) As for a coloured net in twilight there holds a good parallelism between the invisibility of the net to the naked eye and the tendency of fish to be entangled in the net.

5) Barring effect of a coloured net against fish passage is greater in the day time than in twilight.

1. 緒　　言

第Ⅱ，Ⅲ報[1),2)]の実験は昼間明るさの十分大きなときに行われたが，光質或いは明るさが変つた場合に色彩の見え方も変るのでそれにともなつて魚群の着色網に対する行動も変る事が予想される。多くの漁業で朝夕のマヅメ（低照度時）に操業する場合も多いので，マヅメにおける着色網に対する魚群の行動を調べる事は重要であろう。ここでは明るさの相異による着色網に対する魚群の行動の変化を調べるための実験を行つたのでその結果について報告する。尚本実験の一部は昭和 30 年度文部省試験研究費により行われた。ここに記して謝意を表する。

2. 実 験 方 法

実験は昭和 30 年及び昭和 31 年 12 月中旬～下旬に行われた。従来の実験に使用したニジマス *Salmo gairdnerii irideus*(GIBBONS) 魚群は魚体も小さいのでマヅメにおいては魚群の観測上視認等困難な点が多く，従つて魚体の大きさが 170～250 mm のもの 900 尾（池中の魚群の中 1～2 割はカワマス *Salvelinus fontinalis*(MITCHIL) が混る）が蓄養された長さ 26 m，巾 5 m，深さ 1.0～1.5 m の池（B池）を用いた。従来の実験池（A池）の魚群の魚体長は 90～120 mm のものであるから魚体の大きさによる魚群の着色網に対する行動の差異を調べるため第Ⅱ，Ⅲ報[1),2)]の実験結果と比較してみると Table 1 の如くなり，魚体の大

1957 年 11 月 13 日受理

Table 1. Number of fish passing through respective nets of different colours. *a*, in pool A; body length of fish, 90～120 mm; *b*, in pool B; body length of fish, 170～250 mm.

Kind of coloured net	*a*	Ratio of the left column	*b*	Ratio of the left column
G. : R.	849 : 65	13.0	244 : 25	9.76
Y. : R.	949 : 246	3.85	188 : 63	2.99
G. : Y.	10,300 : 6,900	1.49	487 : 301	1.62
B. : W.	866 : 542	1.60	621 : 146	4.26
B. : Gray	1,466 : 653	2.24	168 : 131	1.29
Gray : W.	3,250 : 2,352	1.38	97 : 57	1.70
Light G. : Middle G.	2,600 : 3,700	1.42	239 : 584	2.42
Middle G. : Dark G.	6,700 : 4,700	1.43	139 : 49	2.84
Light G. : Dark G.	1,600 : 1,900	1.19	200 : 181	0.91
Light R. : Middle R.	1,400 : 1,300	1.08	3 : 15	0.20
Middle R. : Dark R.	276 : 543	1.97	59 : 65	1.10
Light R. : Dark R.	275 : 676	2.46	8 : 44	5.50
Light Cutch coloured : Dark Cutch coloured	269 : 88	3.06	144 : 37	3.89
Middle Cutch coloured : Dark Cutch coloured	580 : 348	1.67	128 : 58	2.24
Light Cutch coloured : Middle Cutch coloured	—	—	100 : 109	1.09

きさが変つた場合，魚群の游泳力，成群機構も異なると考えられるが，着色網に対する網目通過の傾向は実験の範囲ではあまり変りがない。又マヅメにおいては魚群の視認が困難になるので網目の大きさを 1.6 寸目とし夫々の着色網に対する魚群の罹網状況により着色網に対する魚群の行動を観測した。この場合魚が 1 尾罹網する度に網をあげ罹網した網の色彩を調べ魚を取外してから再び網を池中に投入し，これを実験時間中繰り返して行つた。又低照度時における網地の操作を簡便にするため網地の大きさを長さ 1.5 m，深さ 1.0m とした。

色彩の種類としては，赤，黄，青緑及びカツチ系統，青緑系統及び赤系統で夫々淡，中，濃の 3 種づつ，各色彩系別に 2 枚づつ異つた色彩の網を連ねて実験した。使用した網糸の反射率曲線は第Ⅱ報[1] 及び第Ⅲ報[2] に報告したものと同じものである。実験時間は昼間では 15 分間づつ 4 回，マヅメにおいては 10 分づつ各10回宛行つた。尚マヅメの場合光電池照度計が 5 lux になつてから (夕方)， 1 時間づつの記録をとつた。この場合着色網地の各組合せの実験で水中内の明るさが異る場合もあるので出来る丈夫々の実験が同一の明るさで行われるよう注意し，又 100～25 lux のとき網地の水中における可視距離を水中眼鏡により測定し (測定回数 2 回)，同時に肉眼による各網地の実験池上方よりの視認状態と罹網の関係を調べるため青緑：赤及び黒：白各着色網に対する罹網状況をタマヅメに調べた。この場合実験時間は 10 分間とし，実験回数は青緑：赤の組合せで 35 回，黒：白の場合 48 回であつた。

3. 実験結果

昼間では既報の如く黄，赤，青緑では青緑＞黄＞赤の順に通過傾向が良好であつたが，本実験のマヅメでは実験回数も少ないが Table 2 に示すように赤＞青緑＞黄の罹網傾向を示し昼間の傾向と異つている。又昼間カツチでは中間又は明るい網，青緑では中間の網が通過良好であるが，マヅメでは夫々暗い網に罹網の多い傾向がみられる。昼間及びマヅメにおける水中の夫々の着色網の可視距離と罹網の関係はマヅメでは可視距離の小さいものに罹網の多いことが Fig. 1 より各色彩系別に分るが，昼間は統一ある関係が認められない。又網地の視認状況と罹網の関係についてしらべるため水面照度 1,000 lux 以上，1,000～5 lux，5 lux になつてからは明るさの目安として 5 分毎に時間を区切り，5 lux になつてから (夕方) 1 時間に汎り組合せた二つの着色網のうち両方の網が視認可能の間を T_1，更に暗くなり片方の網が見えない場合を T_2，両方とも見えない場合を T_3 として罹網結果を調べてみると Table 3 の如く，青緑：赤，黒：白で 1,000 lux 以上では罹網は昼間の網目通過傾向と同じく，青緑＞赤及び黒＞白となり，1,000 lux～5lux でも同じ傾向が見られる。更に照度が低下して T_2 の範囲，即ち青緑及び白網のみが夫々見える明るさでは青緑網及び白網に罹網少なく，両方の網が見えない明るさになると罹網はほぼ等しくなる。これらの事から肉眼による着色網地に対する視認の状態と罹網の傾向はかなり一致する傾向が認められる。

4. 考　　察

Table 2. Behaviour of a fish school, visibility, and lightness of the colour of a net given for differently coloured nets, the colours examined being green, yellow, cutch coloured (brown), and red.

	Twilight			
	The value in parenthesis shows the number of fish entangled in a pair of the nets connected side by side	The ratio of left column estimated on the basis of R-net, middle cutch and middle green	Visible distances in the water to the coloured net (cm)	The ratio of luminous flux of each coloured net to the white
Y.	(57 / 48) (37 / 38)	0.77	410	0.62
R.		1.00	253	0.29
G.		0.84	298	0.61
Light Cutch coloured	(57 / 69) (17 / 44)	0.39	278	0.55
Middle cutch coloured		1.00	171	0.34
Dark cutch coloured		1.21	158	0.26
Light. G.	(36 / 63) (26 / 37)	0.70	360	0.82
Middle. G.		1.00	298	0.61
Dark. G.		1.78	209	0.36

	Day-time			
	The value in parenthesis shows the number of fish passing a pair of the nets connected side by side	The ratio of left column estimated on the basis of R-net middle cutch and middle green	Visible distances in the water to the coloured net (cm)	The ratio of luminous flux of each coloured net to the white
Y.	(25 / 244) (188 / 63)	2.98	820	0.62
R.		1.00	470	0.29
G.		9.76	795	0.61
Light Cutch coloured	(128 / 58) (100 / 109)	0.92	750	0.55
Middle Cutch coloured		1.00	452	0.34
Dark Cutch coloured		0.45	440	0.26
Light. G.	(139 / 49) (239 / 584)	0.41	825	0.82
Middle. G.		1.00	795	0.61
Dark G.		0.35	460	0.36

Table 3. Data for the visibilities of respective nets having different colours shown together with the data for fish—entangling in these nets. T_1, both of these two nets can be seen (the experimental times are 33 on the black and white, 21 times on the red and green) : T_2, one of these two nets can not be seen, (the experimental times are 10 on the W. and B., 6 on the G. and R.); T_3, both of these nets can not be seen (the experimental times are 5 on the B. and W., 8 on the G. and R.).

	R.		G.		W.		B.	
	Entangled numbers of fish in the net	note	Entangled numbers of fish in the net	note	Entangled numbers of fish in the net	note	Entangled numbers of fish in the net	note
>1,000 (lux)	4	T_1	56	T_1	26	T_1	46	T_1
1.000~5 (〃)	6	T_1	19	T_1	6	T_1	38	T_1
0~5 (min)*	6	T_1	8	T_1	1	T_1	12	T_1
5~10 (〃)	9	R. net can not be seen, T_2	2	T_2	3	T_2	10	B. net can not be seen, T_2
10~15 (〃)	7	T_2	3	T_2	4	T_2	6	T_2
15~20 (〃)	10	T_2	7	T_2	3	T_2	5	T_2
20~25 (〃)	9	T_2	7	T_2	4	T_2	18	T_2
25~30 (〃)	2	T_3	4	G. net can not be seen, T_3	2	T_2	10	T_2
30~35 (〃)	3	T_3	5	T_3	1	T_2	6	T_2
35~40 (〃)	5	T_3	2	T_3	7	W. net can not be seen, T_3	8	T_3
40~60 (〃)	16	T_3	18	T_3	19	T_3	18	T_3

* values lower than 5 lux the illumination are given by lapse of times.

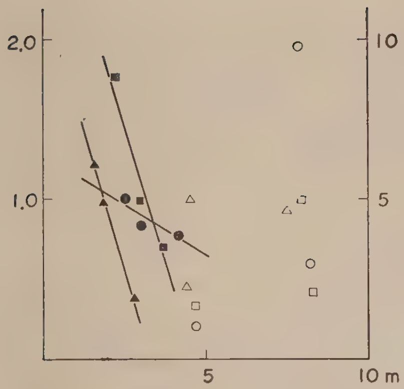


Fig. 1. Visibilities i. e. maximum ranges of vision (abscissa) for various coloured nets affecting relative fish passage through in the day time or relative fish entangling in these nets in twilight (ordintate). ○ G., Y. and R.; □ Cutch coloured net; △ G. coloured net in the daytime: ●, ▲, ■ in the twilight. Right hand ordinate only shows the passability of fish to the coloured nets of red, yellow, and green in the day time.

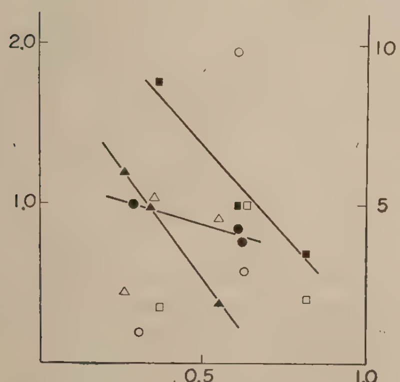


Fig. 2. Fish passage through or enmeshing in nets (abscissa) of mutually different colours in comparison with the relative lightness of these nets, which are estimated on the basis of the lightness of a blank net (ordinate). Marks are the same as in Fig. 1.

第Ⅱ，Ⅲ報[1),2)]の結果及び本報告を通じて着色網に対する魚群の行動は昼間とマヅメとでかなり相異する。即ち昼間においては着色網に対する魚群の行動は主として反射光の波長により左右され，マヅメにおいては色彩の濃淡に左右されることが多いと考えられる。そこでマヅメと昼間とで自然光のスペクトル分布が同じと仮定し，（実際にはスペクトル分布はマヅメで短波長測に多小ずれると考えられるが，本実験においてはマヅメのスペクトル分布の測定は不能であつた），人間の視感度曲線，網糸の反射率曲線及びⅡ報[1)]の池中のスペクトル分布曲線より各着色網糸の反射光の明るさの白網（素糸）に対する比を求めると網目通過又は罹網の関係はTable 2, Fig. 2 の如く，昼間では夫々の色彩系別に網地の明るさと通過とは統一された結果とならぬが，マヅメでは各色彩系別に暗い網に罹網の大きい傾向が認められる。魚群の色彩網地に対する視認と実験池上方からの網地に対する視認では網地に対する位置が異なるが，これらの結果から魚群の着色網に対する行動反応は肉眼の着色網の視認状態と似ているのではないかと推定される。肉眼による網地の水中の可視距離と魚群の各着色網に対する行動との関係を直ちに論ずる事は出来ないが，通過，罹網の良好な着色網地の条件の判定の目安をつけるには差し支えない。昼間では有彩色の場合網地の可視距離と魚群行動との間に関聯性は認められないが，マヅメには罹網と可視距離との間に関聯があり，各色彩系別に可視距離の少さなものは罹網も又多い傾向が認められる。昼間においては特定の着色網の間で通過比率の極端に異る場合もあるが，マヅメには少ない。即ちマヅメにおいて着色網の効果は低下する傾向がある。これらの実験では全く二種の異つた色彩の網を接合して比較実験を試みたので，得られた結果には色彩による対比的現象も含まれると考えられるが，これらの点については将来吟味したいと考える。

5. 要　　約

1) 明るさの大小により着色網に対する魚群の行動は異なり，実験の範囲では昼間は着色網の反射光の波長により影響を受ける事が多く，マヅメには夫々の色彩系別に明暗が魚群に与える影響が大きい。

2) 夫々の着色網地の水中可視距離と魚群の網目通過の間には昼間では特定の関係はないが，マヅメには夫々の色彩系別に可視距離の小さいものが罹網良好である。

3) 各着色網地の反射光の明るさの計算値と魚群の網目通過の間には昼間では特定の関係がないが，マヅメには夫々の色彩系別に暗いものが罹網良好である。

4) マヅメの着色網地に対する肉眼の視認状況と罹網傾向は良く似ている。

5) 夫々の着色網の魚群に対する阻止効果は昼間の方がマヅメに比べ大きい。

実験を行なうに当り種々御世話を頂いた大泉実習場植松喜次郎，実験を通じて手伝つて頂いた本学学生九鬼望，木田茂孝，遠藤一己，高田宏，筏津栄一の諸君に厚く謝意をのべる。

文　　献

1) 神田献二・小池　篤・小倉通男：本誌，**23**，(10)　(1958).

2) 神田献二・小池　篤・小倉通男：本誌，**23**，(10)　(1958).

魚介類の循環濾過式飼育法の研究
基礎理論と装置設計基準

佐　伯　有　常
(東大農学部水産学科)

Studies on Fish Culture in the Aquarium of Closed-circulating System.
Its fundamental theory and standard plan

Aritsune SAEKI

This aquarium is consist of fish tank, filter-bed, sediment-collector, circulating and aerating apparatus. The nitrogen and phosphorous cycles in aquarium are investigated and the rate of secretion of metabolites, the velocity of their decomposition are measured. And the method to determine culturing capacity and the standard plan of the aquarium are proposed.

The water of the aquarium contains much nitrate and phosphate which make the water acidic, but other elements of metabolites are scanty in quantity and innocuous to fish. So the necessary conditions in which fish are cultured healthy and normally are as follows :

(1) When M indicates dissolved oxygen, carbon-dioxide, ammonia and dissolved organic matter at t, necessary conditions which enable the culturing for a short time are $dM/dt=0$. If aeration is enough, ammonia may be the index to satisfy these conditions, because it is more nocuous or poisonous and its oxidation is more difficult than organic matter. When nitrogen compounds secreted from fish is F, oxidized ammonia by bacteria is X_1 and assimilated nitrogen compounds is X_2 :

$$\frac{dF}{dt}=\frac{dX_1}{dt}+\frac{dX_2}{dt}$$

From the results of fish culturing experiments dF/dt is 50 mg per day per 100 grams of fish. Ammonia is oxidized by the action of bacteria developed on the filter-sand and this oxidation is monomolecular-autocatalytic reaction. And also its velocity is proportional to the ratio of exchangeable ammonia of the saynd to total ammonia. Experiments with percolating apparatus (Fig. 1) and culturing the fish in the aquarium show that dX_1/dt is 0.14 mg. per day per 10 g. of the sand and dX_2/dt is 0.07 mg per day. The sand used is 2～5 mm. size of calcite or weathered granite. Therefore to satisfy these conditions 300 g. of filter sand should be used for culturing 10 g. of fish.

(2) Necessary conditions which enable the culturing for a long time without changing the water are to keep constant alkalinity and hydrogen ion concentration. Some metabolites of cultured fish are stocked in the water as nitrate and phosphate which precipitates with calcium or magnesium.

As calcium and magnesium ions are eliminated from the water, it loses excess bases and become acidic. This makes the fish unable to live and supresses the ammonia oxidation by bacteria. So the water of the aquarium has need to neutralize the acidity to satisfy these conditions.

From these experimental results the standard plan of the aquarium by closed-circulating system is proposed as shown in Table 9. And 60 times of the ratio of exchangeable ammonia of the sand to total ammonia give the culturing capacity of the aquarium by grams of fish per litre. To keep the water in a good condition for the fish, air and calcium-oxide or magnesia should be put in according to the analytical results of pH, dissolved oxygen and alkalinity of the aquarium water.

1957 年 11 月 13 日受理

魚介の飼育には飼育する種類の生物学的性質，餌料および用水が問題となる。用水の立場からみると飼育法には止水式と流水式とがあり後者は更に放流式，循環式にわかれる。室内の小容器で高密度に飼うには循環式が色々の点で好都合であり，ことに一定条件で多量に飼育出来るので学術上にも産業上にも好適である。しかしこの循環式装置の設計法と飼育可能な密度は全く経験的事実にもとづいている。著者はかゝる水槽における物質循環の立場から飼育可能の条件を吟味してその可能な量を求め，更に長期飼育による水質の変化を考究し本装置の設計基準，水質管理法並びに一般の循環濾過飼育槽における飼育密度適否判定法を考案した。これについて報告する。

飼育可能の水質条件

魚介類の健康（正常な代謝）維持には適当な外部環境の状態が必要である。これは物理化学並びに生物学的因子より構成されている。物理学的因子(光，温度,大きさ，運動等）は必要に応じ比較的調整が容易である。生物学的因子の飼育生物と直接関係する病原，寄生，被捕食生物等については別に考慮するとその多くは間接的で寧ろ化学的因子に含められよう。従ってこの装置で魚介を健康に飼育するためにはその化学的因子即ち水質が次の通りであることが必要である。

（A） 有害物を含まないこと，あっても容易に除き得るものであること。適当な種類と量の ion を含み，此等が均衡を保つていること（塩基が酸より若干多く含まれ，重炭酸 ion が存在し，Ca，Mg の適量を含むこと)。

（B） 比較的大量に魚介が代謝する物質については，その量に変動のないこと（之等の物質に対し魚介は敏感であり，その不足や過剰は短時間でも致命的である)。

（C） 比較的少量代謝する物質および（B）項の物質並びに此等の変化した物質が（A）の条件を保つこと（この条件の許容範囲は（B）条件より大きい)。

（A）は前提条件で魚介がその水で飼えれば問題はなく，（B)，（C）が問題となる。（B）は短時間飼育可能の必要条件で溶存酸素，炭酸，ammonia および溶存有機物の t 時における存在量を M とすれば $dM/dt=0$ であることである。(C) は長期間飼育に必要な条件で主として代謝物に由来する nitrate，phosphate の蓄積が水を酸性にすることを防ぐことである。本装置による魚介の健全な飼育には常にこの (B)，(C) の条件を満足せしむることが必要である。

実験方法と材料

水中の ammonia は減圧蒸溜[1] 後 Nessler 試薬により，nitrite は G. R. 試薬により，nitrate は還元 strychinin 試薬により, phosphate は Déniges-Atkins 法により比色して, alkalinity は B. C. P. による滴定, pH は比色により，calcium は容量分析により測定した。ammonia の酸化は Fig. 1 に示す循環濾過器により，置換性 ammonia は 20% KCl 溶液を添加，30 分振とう後測定した。使用した濾過砂は石灰岩砕石又は風化花崗岩砂で大きさ 2～5 mm のもの，海水は貯蔵海水，淡水は井水で pH 7.9，Ca 40 mg/l 内外，alkalinity 3 meq/l 内外のものである。キンギョ，メダカ，アサリは市販品をしばらく飼育した後，ヒガンフグ，コチ，イセエビは上野水族館で飼育中のもの，ニジマスは東京都水産試験場奥多摩分場のものを夫々の場所でガラス容器で一定時間飼育してその ammonia 及び Kjeldahl 窒素の分泌量を測つた。更に濾過循環式の上野，江之島，新舞子の海水水族館，上野の熱帯魚の balanced aquarium 及び小型循環濾過飼育槽によるウナギ，キンギョの飼育における水質，濾過砂並びに飼育魚の量についての測定，実験を行つた。尚砂の量は総べて wet 重量で示した。尚本装置は通常放魚槽，沈澱槽，循環および濾過装置より構成されている。

実験結果及び論議

(1) 短期間飼育可能の条件について

これは条件(B)を満足せしめることである。今水槽に通気が充分に行われているものとすれば溶存酸素は充分であり，炭酸ガスの蓄積はないであろうから，ammonia と有機物とについて検討すればよいことになる。魚介類がこの両者を分泌排泄する量は凡そ同程度と[3] みなし得るが，有機物の分解は多くの腐敗性細菌によるのに比して ammonia の無害化は細菌の酸化と同化によるもので，前者より困難であり，もし am-

monia の無害化が順調ならば有機物の分解も充分行なわれているとみなし得よう。又 ammonia は微量あつても血液が酸素と結合し，炭酸を放出するのを妨げ 0.3 ppm で既に著しい障害を魚に与えることが知られている[3]。更に循環式水槽でカワマスを飼育した実験結果によると正常な飼育には水中の ammonia 除去が通気のみ又は有機物の除去よりも必要であつた。[4] 又分泌排泄される有機物の質と量及びその害作用は殆んど知られていずその分析も困難である。之等の理由でこの短時間飼育可能の条件を吟味するのに ammonia を指標とすることが出来よう。例えばこれからニジマスの飼育適正密度を計算すると水量 1 箇に付き約 500 メとなる。この値は略々妥当なものと考えられる。[5]（ニジマスの ammonia 分泌量 30 mg/day/100 g, ammonia の最大許容量 0.3 mg/l として計算)。

この方式による飼育用水の水質を示す例として，上野，新舞子及び江之島の海水水族館並びに参考として止水方式による上野水族館の熱帯魚の balanced aquarium のものを Table 1. に示す。水族館は何れも数ケ月以上不換水で飼育魚介類は健全であつた。ammonia 窒素は 100～200 γ/l，nitrite 窒素は 2～40 γ/l,

Table 1. Water charactor of aquariums.

Aquarium	1	2	3	4 Ueno Aq.	5 Shinmaiko Aq.	6 Enoshima Aq.
Date	13 May '56	3 May '56	12 Dec. '56	5 Nov. '56	3 Aug. '53	17 Dec. '56
Water temp. °C	19.1	26.1	22.7	18.2	22.4	20.5
Ammonia N r/l	100	—	—	200	100	100
Nitrite N r/l	—	2	15	46	12	3
Nitrate N mg/l	—	1.60	1.53	112	26.7	23.1
Phosphate P mg/l	—	—	0.1	6	0.9	4.58
Alkalinity mN	1.87	3.95	1.06	2.55	2.38	0.98
pH	—	7.7	6.8	8.2	7.7	7.0
Calcium Ca mg/l	31	—	—	649	450	414
A/A+N gas	0.0244	0.0222	0.0230	0.0239	—	—
Excess N gas cc/l	0	1.22	0.79	0.97	—	—
Denitrified N % *	0	32	25	0.6	—	—

1 Balanced aquarium, red-sword, a few days after water change.
2 〃 , blue-gourami, 1 year after water change.
3 〃 , neon-tetra, 3 months after water change.
4, 5, 6 Closed circulating system sea-water aquarium.
* Percentages of denitrified nitrogen to total inorganic nitorogen compound.

nitrate 窒素は 1～100 mg/l，phosphate は数 mg/l 及び脱窒作用に由来する過剰な窒素ガスを若干含むことが特徴である。尚過マンガン酸カリ消費量は C. O. D. で数 mg/l，有機窒素は 500 γ/l 内外含んでいる。之等の結果は盛んな nitrification があることを示している。勿論これは殆んどが濾過砂に附着している細菌の作用によるものである。従つてこの方式による飼育槽の水中の t 時の ammonia 量を M_A，飼育開始時の値をA，魚介の直接，間接分泌排泄した量を F，ammonia 酸化菌の酸化した量を x_1，諸細菌の同化した量を x_2 とすれば

$$M_A = A + F - x_1 - x_2$$

短期間飼育可能であるためには $dM_A/dt = 0$

$$\therefore \quad \frac{dF}{dt} = \frac{dx_1}{dt} + \frac{dx_2}{dt} \qquad (1)$$

既ち魚介の単位時間に分泌排泄する ammonia，有機窒素の量，濾過砂に附着している ammonia 酸化細菌の酸化作用の速さ及び細菌の窒素同化作用の速さがわかればこの条件を解明出来る。

i） 魚介類の窒素化合物分泌排泄量について

魚介類の分泌排泄する窒素化合物はその中 25～50% 程度が ammonia で残りが urea, creatine, amino 酸等である。[2] 併しこの質と量は魚介の種類，生理的並びに外部環境の状態で大差がある。[3),6),7] Table 2.

Table 2. Excretion of nitrogen compound from fish.
(Nitrogen mg per day per 100 g fish).

Fish	Body weight g	W. T. °C	Ammonia -N mg	Organic -N mg	Total-N mg	Remarks
Goldfish	2	14.5	12.5	27.5	40.0	7)
〃	2	15.5	21	34	55	
〃	2	25	12	24	36	
Rainbow-trout	4	13	19	26	45	('56 Irikawa)
Medakas	0.5	22	23.6	—	—	('56)
Eel	2	27	10–70	—	—	('57)
Tapes japonica (Asari)	2	15	9	13	23	Body weight exclude the shell.
Puffer (Higanfugu)	185	19.3	42.1	—	—	At Ueno Aquarium
Flathead (Magochi)	410	18.8	12.9	—	—	〃
Lobster (Ise-ebi)	170	18.8	8.9	—	—	〃
Goldfish	8–9	25	24	—	—	6) Furukawa et al.
Carp	30	16–25	10–20	—	—	〃
〃		6–7	5–6	—	—	〃
Carp	—	22–23	—	—	33	8) Migita et al,
Brook trout	—	7–20	—	—	50	4) Cortland.

に若干の魚介の ammonia，Kjeldal 窒素の分泌排泄量を示す。これによると多少の差はあるがコイ，キンギョ，メダカ，ニジマス，カワマス等の ammonia 分泌量は魚体重 100 g につき 1 日に 25 mg，同じく全窒素量は 50 mg 位である。比較的運動の鈍いものや体の割合に肉の少いもの例えばマゴチ，アサリ，イセエビ等はこの半分位である。但し温度は何れも 20～25°C である。従つて dF/dt の値はこの温度では 50 mg/day/100 g として計算出来よう。

$$\frac{dF}{dt}=50\,\text{mg/day/100 g} \quad \cdots\cdots (2)$$

ii） 濾過砂の附着細菌による ammonia 酸化について

濾過砂に附着している細菌による ammonia の酸化速度 dx_1/dt は循環濾過法及びその置換性 ammonia の測定によつて求められる。

a） 循環濾過法による ammonia 酸化速度について

ammonia を酸化して nitrite に更に nitrate にする細菌は砂や土壌に附着して広く分布している。この飼育水槽においても器壁や濾過砂に存在するが着生面積の点から後者が大部分である。これによる ammonia の酸化作用を Fig. 1 に示す循環濾過器によつてしらべた。既ち上野水族館の熱帯魚の balanced aquarium の底の砂（花崗岩風化砂）を洗滌したもの 66 g と約 10 ppm の ammonia を含む井水約 1.5 l をこれに入れ air lift 法により毎分 150 cc の速さで循環せしめ，その ammonia，nitrite，nitrate の消長を調べた。尚この容器は 22°C に保つた恒温槽に入れ黒紙で被覆して光を遮ぎつた。結果は Fig. 2 に示す様に ammonia は 4 日で半減し，7 日で殆んどなくなつた。nitrate は初めの 0.1 mg/l より漸増し 4 日目に 4 ppm となり其の後減少した。この nitrate の増加は Nitrobacter の作用によるものであり，ammonia の減少は nitrite の増加を伴う Nitrosomonas の作用及び之等を含めた一般細菌の同化作用によるものである。この ammonia の減少の 70% は酸化によるものであり，この模様は大略一分子反応で示される。[9] この実験の速度恒数 K は 3.7×10^{-3} であり，砂 30 g を水 1 l に対し用いた場合の値 K_{30} は 2.5×10^{-3} となる。

この ammonia の酸化は同時に濾過砂とその中にたまつた detritus によつて行われる。この detritus は大部分 zooglea で若干の protozoa を含むものである。上野海水水族館の detritus を用いて濾過循環法でその ammonia 酸化を調べた結果を Table 3 に示す。海水 1 l につき砂 wet 重量 30 g に含まれている detritus を用いた場合の K の値は 0.4×10^{-3} であつた。同じく上野水族館で数ケ月使用した濾過砂をよく洗滌して

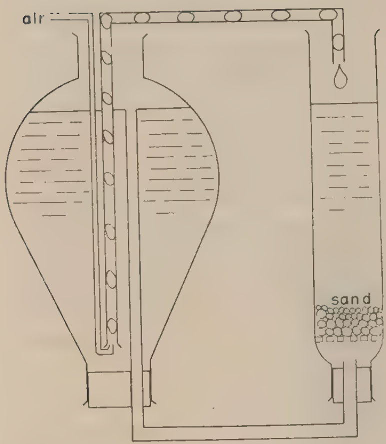


Fig. 1. Percolating apparatus

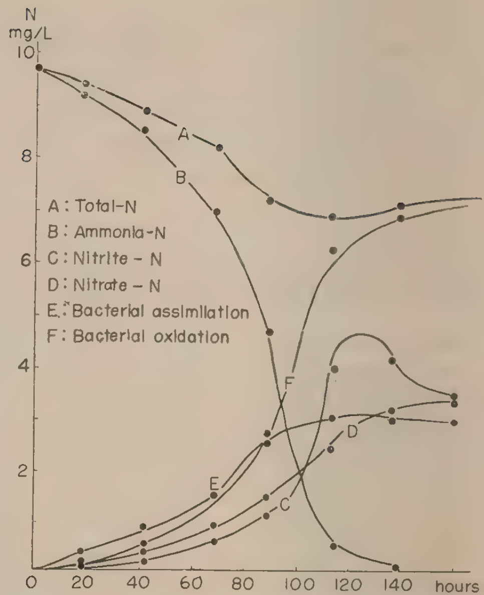


Fig. 2. Percolation of the aquarium's sand. 66g. of sand is percolated with 1.5 l. of water. Rate of circulation is 150 cc./minute.

detritus を除いたもの及びそのまゝ静かに採取したものについてその酸化作用を調べた結果を Table 4. に示す。K_{30} は夫々1.5×10^{-3}, 2×10^{-3} となり実際の濾過槽においての ammonia の酸化作用は全体の 1/4が砂中にある detritus によつて行われていることを示している。更に同水族館の濾過砂及び balanced aquarium の底の砂について行つた多くの この装置による実験結果は温度 22°C 内外で K_{30} の値は 2×10^{-3} 内外であつた。又その循環水中の ammonia が消滅した後再び ammonia を添加して行つた実験によると K_{30} はこの数倍に増加したがこの様な飼育装置においては K_{30} は 2×10^{-3} 程度で平衡するものと思われる（海水，淡水共に同じ値である）。

硝酸化成細菌のその作用の大きさについては之等の実験結果によるとその反応速度恒数は 10×10^{-3}（砂 30 g を水 1 l に対し用う）内外である。この作用と ammonia 酸化作用との仂きの喰違いによる nitrite の蓄積は循環開始時より漸増するが硝酸化成菌の作用の回復と ammonia の減少とに伴つて速かに消滅する。実際の飼育においては Table 1. の様に nitrite は数 10γ/l である。尤も飼育を新しく始めて硝酸化成菌の充分繁殖していないときは数 mg/l にも達することがある。

ammonia の酸化，硝酸化成は次式によつて示される。[9]

A_A, A_N: 最初の ammonia-N 又は nitrate-N の最高値

x, y: t 時の夫々の量

Table 3. Oxidation of ammonia by detritus or zooglea in the filter-sand of Ueno sea-water aquarium. (Detritus is 13 g per 1.3 litres by percolating procedure).

Time hour	Ammonia-N mg/l	Nitrite-N mg/l	Nitrate-N mg/l	Total inorganic N mg/l
0	6.85	0.056	0.22	7.13
20	—	0.118	0.44	—
68	6.30	0.303	0.60	7.20
92	5.16	0.495	0.93	6.59
116	5.05	0.660	1.33	7.04

Ammonia oxidation coefficient: $K=0.4\times10^{-3}$

Table 4. Nitrification by percolating procedure with filter-sand (2) before and (1) after washing.
Filter-sand : Ueno sea-water aquarium.
(1) 112 g of sand and 1.5–1.3 litres of sea-water.
(2) 135 g of sand and 1.5–1.4 litres of sea-water.
Water temperture is 22°C.

Time hour	Ammonia-N mg/l	Nitrite-N mg/l	Nitrate-N mg/l	Ammonia oxidation coefficient	
				K	K_{30} (sand 30 g per l)
(1) 16	6.90	0.036	0.72		
40	5.90	0.027	1.44		
64	4.63	0.078	2.99		
88	3.45	0.135	3.42		
112	1.15	0.244	4.08		
136	0.03	0.003	5.00	3.6×10^{-3}	1.5×10^{-3}
(2) 16	6.65	0.077	0.77		
40	3.76	0.091	2.47		
64	1.10	0.200	5.20		
88	0.04	0.004	5.76	6.5×10^{-3}	2.0×10^{-3}

t_1, t'_1: 半減又は増期
K_A, K_N: 夫々の反応速度恒数

$$\log\frac{A_A-x}{x}=A_AK_A(t-t_1)$$

$$\log\frac{y}{A_N-y}=K_N(t-t'_1)$$

$$-\frac{dx}{dt}=\frac{K_A}{M}(A_A-x)x$$

既ち反応速度恒数，その時及び最初の ammonia 量がわかれば ammonia の酸化速度を計算することができる。しかしこの式は ammonia が初めより次第に減少する状態のものであるから，魚介の飼育の場合はその "最初の ammonia 量" は増加した nitrate 量で代表されよう。通常この様な飼育用水の nitrate 量は 20～100 mg/l であるが，後述する置換性 ammonia の測定によるとその酸化速度が平衡に達するには凡そ 15 mg/l の nitrate の増加を必要とするものである。魚介が健全に飼育されている時の ammonia は 0.1～0.2 mg/l であるから x は 0.15 mg/l とする。反応速度恒数 K_A は前記のように 0.2×10^{-3} であり，最初の ammonia に相当する値は 15 mg/l であるから

$$-\frac{dx}{dt}=\frac{2.0\times10^{-3}}{M}\times0.15\times(15-0.15)$$

$$\fallingdotseq 19.5\,\gamma/\mathrm{h}\ \text{or}\ 0.47\ \mathrm{mg/day}$$

既ち砂 30 g に繁殖した細菌の ammonia の酸化速度は 1 日 0.47 mg となる。

b) 濾過砂の置換性 ammonia と ammonia 酸化速度について

この細菌による ammonia 酸化速度はその着生している砂の置換性 ammonia（ion 交換性又は緩く結合した）とその系全体のそれとの比 r に比例する[10]。上野水族館熱帯魚水槽の底の砂（T-6, T-7），循環濾過装置でキンギョ，ウナギを飼育したときの濾過槽の砂（8271, 92）を夫々 20～33 g 宛前記の循環濾過器に入れ，硫安添加井水 0.8～1.5 l を加えて循環せしめ数日間無機窒素化合物の消長を測定し，最後に砂の置換性 ammonia を測り r を求め，これに対する ammonia の酸化速度およびその比例恒数 C を計算した。その結果は Table 5. の如く置換性 ammonia は砂の重量 19～330 g に対し 30～1390 γ，r の値は 0.0037～0.166, ammonia の酸化速度 0.35～2.4 mg/day，比例恒数 C は 14.5～54.4 であつた。T-C の実験はキンギョの飼育開始後 7 日で細菌の発育不充分のため過少値を，8271, 92 は同じくウナギを 2 ケ月飼育後のもの

Table 5. Velocity of ammonia oxidation and ratio of exchangeable ammonia to total ammonia (experiment with percolating apparatus).
T-6, T-7 : Experiments on the sand of Ueno tropical fish aquarium.
T-C : Experiment on the filter-sand of the closed circulating aquarium in which goldfish are cultured.
8271, 92 : Experiments on the filter-sand of the closed circulating aquarium in which eel are cultured.

Experiment	T-6	T-7	T-C	8271	92
Sand g/water l	24.5/1.52	22.2/0.78	330/1.25	19/1.50	40/1.55
Water temp. °C	22	22	22	25	25
t=0 Ammonia-N mg/l (A_0)	5.15	9.00	9.56	10.09	9.56
Total-N mg/l (N_0)	5.50	9.11	10.00	10.19	9.65
t_2 hour	41	93	20	68	70
t=t_2 Ammonia-N mg/l (A_t)	0.20	4.38	5.60	8.64	3.50
Total-N mg/l (N_t)	3.70	7.21	8.04	9.51	6.79
Velocity of oxidation * mg/day/l (B)	1.84	0.35	2.40	0.77	0.18
Exchangeable ammonia of sand mg	0.030	0.061	1.390	0.045	0.074
$\frac{\text{Exchangeable ammonia}}{\text{Total ammonia}}$ (r)	0.091	0.012	0.061	0.0037	0.0142
Velocity of ammonia oxidation B/r mg/day/l	20.2	28.8	14.5	54.4	50.7

* Velocity of ammonia oxidation

$$B=\left\{(A_0-A_t)-(N_0-N_t)\right\}\frac{24}{t_2}$$

で水温が前者の 22°C に比し 25°C であつたので過高値を示したものと考えられる。又 Lees 等[10]によるこの値は約 33 (mg/day) である。従つてこの比例恒数は 20 として計算すれば充分安全と云えよう。

次に水中の ammonia 含有量 100～300 γ/l の飼育可能な状態における砂の置換性 ammonia 量が問題となる。ウナギの飼育例 (1～7)，上野熱帯魚水槽 (8)，同じく海水々族館 (9)，及び Table 5 実験 T-6, 92 におけるこの値を Table 6 に示す。これによると砂 10 g についての置換性 ammonia は 1.9～3.8 γ である。循環式でない場合 (8) と実験 T-6, 92 では夫々 11.8～12.2 γ，水中 ammonia 200～280 γ/l,

Table 6. Exchangeable ammonia of filter-sand.

No.	Date	W. T. °C	*Exchangeable ammonia γ	Dissolved ammonia γ/l	Sand/water	r	Remarks
1	11 June	27	2.3	135	3 kg/14 l	0.20	**
2	16 June	27	3.8	250	2 kg/13 l	0.27	
3	25 June	27	3.2	215	4 kg/14 l	0.28	
4	25 June	28	2.8	190	3 kg/12 l	0.24	
5	29 June	28	3.5	120	3 kg/12 l	0.44	
6	27 Aug.	26	3.7	165	20 kg/20 l	0.75	
7	2 Sept.	23	3.3	205	20 kg/20 l	0.73	
8	23 April	22	11.8	280	2 kg/20 l	0.15	Ueno balanced aquarium
9	14 June	21	1.9	100	550kg/100ton	0.009	Ueno sea-water aquarium
10	14 June	21	12.2	200	24.5 g/1.5 l	0.08	Experiment with percolaing(T-6)
12	14 June	26	18.5	3500	40 g/1.55 l	0.07	(92)

* Exchangeable ammonia per 10 g of filter-sand.
** Sand-filtered closed circulating aquarium where eels are cultured (1-7).

18.8γ, 水中 ammonia 3.5 mg/l 等の大きな値であるがこれは deposit と水中の ammonia とが多いからである。この結果から砂の置換性 ammonia は砂 10 g に付き 2.0 γ として計算出来よう。

以上の実験結果より濾過砂の ammonia 酸化速度は次のようになる。

$$\frac{dx_1}{dt}=Cr \qquad 但し \quad r=\frac{x}{x+x_1}$$

x_1 水中の ammonia 量

x 濾過砂の置換性 ammonia 量

C 比例常数

Table 5 より　$C=20$

Table 6 より　$x=0.002$ mg/10 g sand

x_1 が 0.1〜0.3 mg/l では x の値に余り変化がないから x_1 の値として 0.3 mg をとれば安全である。

$$x_1=0.3 \text{ mg/l}$$

$$\therefore \quad \frac{dx_1}{dt}=0.13 \text{ mg/day}$$

循環濾過法によるこの値は a) より砂 10 g について 0.16 mg/day である。この両者の平均値をこの算定の基礎とする。

$$\frac{dx_1}{dt}=0.14 \text{ mg/day/10 g sand} \quad \cdots\cdots (3)$$

iii) 濾過砂中の細菌による窒素化合物同化作用について

濾過砂の表面と間隙に生育した細菌は ammonia の酸化と同時に窒素化合物の同化を行う。既ちこの作用によつても ammonia の無害化が行われる。これは初めは軽微であるが後漸増し一定となるが，細菌の発育し得る空間が限られていること等によつて再び減少するものと思われる。循環濾過水槽でのウナギの 2 ケ月間の飼育によつて約 500 mg の nitrate が水中に濾過砂の表面に 100 mg, その間隙に detritus として 125 mg の有機態窒素化合物が蓄積された。ウナギの平均飼育量は 4.5 g/l, 濾過砂は 4 kg, 飼育用水は 13 *l* であつた。又前記の循環濾過法による実験結果では加えた ammonia の 60% 内外が nitrate となり，残りが同化され有機物となつたものと思われる。依つて同化量は酸化量の 45〜100 %となる。同化速度は濾過砂細菌の増加に，酸化速度はその細菌量に比例する。即ち酸化は細菌の増殖がなくても行なわれる。従つて同化速度は酸化速度の 50 %として計算できよう。

$$\frac{dx_2}{dt}=0.5\frac{dx_1}{dt} \quad \cdots\cdots (4)$$

iv) 飼育魚介量と濾過砂量との関係

魚介の分泌排泄する窒素化合物の量と濾過砂に生育している細菌のそれを酸化，同化する量が等しいことがこの飼育可能な条件を満足するものである。

Ug の魚介の分泌排泄する窒素化合物の量は（2）より次の通りである。

$$\frac{dU}{dt}=50\times\frac{U}{100} \text{ mg/day}$$

Vg の砂に育生している細菌のそれを酸化，同化する量は（1），（3），（4）より

$$\frac{dV}{dt}=0.21\times\frac{V}{10}$$

$$\frac{dU}{dt}=\frac{dV}{dt} \quad であるから$$

$$25\ U \fallingdotseq V$$

既ち，この短時間飼育可能な条件を満足させるには充分な安全度を考えて飼育魚介量の 30 倍の重さの濾過砂を用いればよいことになる。

(2) 長期飼育可能の条件について

循環濾過式による魚介の飼育水の水質は Table 1 のような 3 つの特徴をもつている。第 1 は nitrate の

多いこと(常水の 100～1000 倍)，第2に phosphate の多いこと(同じく 100 倍)，第3に alkalinity とpH が低くなることである。魚介の分泌排泄物は大部分 H，O，C，N，P，Ca，Na，K，Cl，Mg 等の元素から構成されているがこの中 N, P の蓄積が著しく，他の元素の影響は軽微であるが又はあつても支障を及ぼさないのであろう。[11)12)] 既ち長期飼育による水質の変化は第1に nitrate の漸増による過剰塩基の減少とこれに伴う酸性化である。併し湖沼[12)]，水田及び水族館[13)]においては窒素離脱現象がみられるから，同様な機構をもつたこの飼育装置においてもこの現象があるだろう。従つて nitrate の増加も或る限度がみられよう。例えば上野海水水族館ではこの値は 100 mg/l 程度であつた。第2の増加した phosphate は水中の Ca や Mg と不溶性の沈澱をつくり時には濁りの原因となるものである。従つて水中の phosphate は一定量以上に達せず 6 mg/l 以下である。又 Ca や Mg を水中から除去するから alkalinity を減少せしめ水を酸性化するものである。上野水族館ではこの対策として石灰の投入を行つている。この濾過槽及び流路の沈着物の phosphate 含量を調べた所夫々乾物の

Table 7. Dephosphorization from the water by magnesia and lime treatment.
To each 100 cc. of eel-culture water (1) 0.2g of MgO (2), CaO (3) and $MgCO_3$ (4) were added and after 24 hours pH, alkalinity and phosphorous content of the water were determined.

		pH	Alkalinity mN	Phosphate-P mg/l
(1)	Culture water	8.2	2.56	2.64
(2)	MgO treatment	9.2	2.44	0.024
(3)	CaO 〃	>9.2	3.94	0.000
(4)	$MgCO_3$ 〃	7.7	4.50	0.450

Table 8-1. Acidifying of the water and the depression of nitrifying action with repeated percolating.
Series A: Nitrification by the silicate-sand.
Series B: Nitrification by the calcite-sand.
Each series contains 1.5 litres of well-water and 15 g. of sand.

Repeated times		Ammonia content mg/l		Maximun rate of ammonia oxidation mg/l	Alkalinity mN		pH	
		at the beginning	at the end		at the beginning	at the end	at the beginning	at the end
A	1	6.6	0.1	5.0	2.59	1.86	7.8	7.5
	2	8.9	0.05	4.6	1.69	0.99	6.7	6.6
	3	(7)	—	—	0.93	0.10	—	—
	* 4	10.2	10.1	0.0	0.11	0.10	6.7	6.6
B	1	7.4	0.1	5.0	2.25	1.82	7.8	7.5
	2	9.6	0.05	3.7	1.69	0.94	7.5	7.4
	3	(7)	—	—	0.98	0.36	—	—
	** 4	8.8	0.05	3.0	9.41	0.36	7.3	7.4

* ** Calcium content mg/l

	at the beginning	at the end
A 4	40.5	44.3
B 4	58.0	85.5

Table 8-2 Balance of acid-alkali and the change of alkalinity on repeated percolating.

Series	Extinction of ammonia mg(meq)/l	Formation of nitrate mg(meq)/l	Acidification meq/l	Decrease of alkalinity meq/l	Solvation of Ca meq/l	Alkalization meq/l
A	22.4(1.60)	15.7(1.12)	2.72	2.23	0.19	2.42
B	32.6(2.33)	22.8(1.63)	3.96	2.79	1.38	4.17

49%，0.7%の燐酸石灰を含んでいた。更にしばらく使用した濾過砂の表面は燐酸石灰又は苦土を含む物質

で被覆されていた。又ウナギを飼育した水で 2.56 mg/l の phosphate を含むものに石灰や magnesia を添加し 24 時間後その上澄液の phosphate を測つた所 0〜0.4 mg/l に減少した。既ち石灰や magnesium と共に沈澱したものである。結果は Teble 7 に示す。これによると pH 7.7, 22°C における magnesium と phosphate との ion 積は 2×10^{-8} モル程度の極めて小さな値である。

この様にして H ion が増加し，炭酸の溶解度が大きくなり，alkalinity が少くなり，緩衝能も少くなると直接魚介に害を与えるばかりでなく次に示す様に ammonia の酸化作用が阻害される。

循環濾過法により ammonia の酸化を行わしめそれが消失したとき再びそれを補給し再び繰返しその酸化を行わしめ其の間の無機窒素化合物，pH 及び alkalinity の変化を調べた実験結果を Tabel 8-1 に示す。実験 A は濾過砂に花崗岩風化砂を用いたもので ammonia の消失に伴い alkalinity は 2.6 から 0.1 に pH は 7.9 より 6.6 となり，pH 6.7，alkalinity 0.1 より ammonia の酸化作用は停止した。実験 B の石灰岩砕石を用いたものでは酸性化に伴い水 1 l につき 30 mg 程度の calcium の溶出があつたため alkalinity は減少しても 0.36，pH は同じく 7.3 にとどまつた。又 ammonia の酸化作用の速度も初めの半分以上存続した。更に Table 8-2 に示すように両実験における ammonia の消失量，nitrate の増加量の和である酸の増加量は alkalinity の減少量と calcium の溶出量との和に相当している。尚 ammonia 酸化細菌に好適な pH は 7.8，同じく nitrate 化成細菌では 7.1，発育限界はその前後 0.8 である。[9]

従つて長期飼育を可能ならしめるにはこの酸性化防止対策が必要である。この対策として重炭酸ソーダ又は石灰の投与が水族館において古くから行われていてその両者の優劣について若干の議論がある[15]が，酸性化の原因の一つが水中の calcium, magnesium の沈澱除去されることによると云う点から石灰の方がよいと考える。尚これは相当量入れると沈澱し効果が持続的である利点もある。

(3) 飼育装置設計の基準

飼育する魚介類に対し必要な飼育水槽の大きさはその種類，規模の大小及び飼育目的で異るが凡そ魚介類の2〜11 倍の大きさがあればよいだろう。必要な濾過砂はその 30 倍であるから砂の比重，空隙率がわかれば飼育に必要な水量，容積が計算出来る。之等の関係を Table 9 に示す。これによると飼育する魚介類の 12〜21 倍の空間及び6〜15 倍の水が必要であり，利用出来る空間の 8〜5%，水量の 16〜6%の魚介類が飼育可能である。但しこの時の循環水量は大型装置で 2 時間に全水量が 1 回転する量，小型のものでは同じく 30 分に 1 回位，濾過速度は 1 日に 100〜700 m 位，通気量は水中酸素量を魚介の必要以上あるようにするだけの量であるが普通循環し炭酸を除く水量の 2〜3倍あれば充分であろう。

Table 9. Standard plan of the aquarium by closed-circulating system.

(1) Weight of culturing fish, capacity of fish tank, volume of water and sand (2-5 mm size of weathered granite or calcite sand) are as follows:

	Weight	Capacity	Volume of water
Culturing fish	a	a	—
Capacity of fish tank	1-10a (water)	1-10a	1-10a
Volume of filter-sand	30a	10a	5a
Total	32-41a	12-21a	6-15a
Percentages of fish to total	3-2.5	8-5	16-6

(2) Rate of circulation: once per 30-120 minutes.
(3) Velocity of filtration: 100-700 m/day.
(4) Rate of aeration: 2-3 times in volume of circulating water.

(4) 飼育飽和（可能）量と密度適否判定法

上記の基準による装置ではその設計で計画した飼育量が飽和量若しくは可能量となり，これに対する其の時の飼育量の割合が飽和度又は飼育率である。併し濾過砂の質や大きさが違つたり細菌の繁殖状態が上記標準と異る場合並びに既設の循環濾過式水族館等ではこの飼育飽和量を求めることが必要である。これには砂の置換性並びに水中の ammonia を求め，置換性 ammonia と全 ammonia との比を求め，この値に 60 を乗じたものが飽和量を g/l であらわしたものになる。この値に対し其の時の飼育割合が 100% より著しく多いとき，少いときは夫々過剰，過少に飼育していることになる。但しこれはその魚介量の窒素化合物の分泌割合が 50 mg/day/100 g の標準の場合でこれが違えば適宜補正を必要とする。

次にこの装置によりウナギ，キンギヨを飼育した例と上野水族館において水量，濾過砂量，飼育魚量，水並に砂の置換性 ammonia の測定によつて求めた飼育飽和量，密度適否判定結果を Table 10 に示す。ウナ

Table 10. Condition and saturation percentages of cultured fish in sand-filtered closed-circulating aquarium.

	Eel aquarium		Goldfish aquarium		Ueno sea-water aquarium
Date (1957)	25 July		5 May	17May	14 June
Water temp. °C	25	25	20	20	20
Volume of water l	14	14	30		37000
Sand/water g/l	215	270	67		15
Cultured fish g/l	2.2	5	7.5		1.4
Exchangeable ammonia * γ	2.8	3.2	2.9	3.7	1.9
Ammonia of water γ/l	190	215	4690	6750	60
** r	0.24	0.28	0.041	0.043	0.048
Saturation capacity g/l ***	14	17	2.4	2.6	2.9
Saturation % ****	16	30	310	290	43
	Under saturation		Over saturation		Under saturation
By calculation from the volume of snad:					
Saturation capacity g/l	7	9	2.2	2.2	0.5

* Exchangeable ammonia of each 10 g sand.
** Ratio of exchangeable ammonia to total ammonia.
*** Saturation capacity of culturable fish.
**** Saturation percentages of cultured fish to saturation capacity.

ギの例では ammonia より計算した飽和量は夫々 14, 17 g/l 飽和度は 16, 30% で密度は過少, 水中の ammonia は 0.2 mg/l でウナギの摂餌等良好であつた。この時の濾過砂量から計算した飽和量は夫々 7, 9 g/l でこの測定計算値より少い。これは砂の置換性 ammonia が設計値より多いためである。キンギヨの場合は ammonia の実測によるものも砂量の計算値からのものも大体同様で飽和量は 2.5 kg/l, 飽和度 320 %であり, 飼育密度過大で ammonia 量も多く 5~6 mg/l で数日毎に換水を必要とした。上野水族館は飽和量 2.9 g/l, 飽和度 48% で密度は適当であつたが, 砂量からの計算値は夫々 0.5, 280% となつた。これはその時の水中 ammonia が常時の 1/3~1/2 で置換性 ammonia の割合が多かつたこと等によるものであろう。又砂の置換性及び水中の ammonia 量は定測時によつてこのように多少の変動があるから飼育飽和(可能)量は濾過砂量から求める方がよいだろう。

(5) 飼育啣理法について

この装置での飼育管理は飼育する生物の種類や大きさ, 餌料等で相当の差異がある。

魚介の増重を目的とするときはその成長率を考えて飽和量の 30~70% から飼育を始め, 単に蓄養のためならばその 200% 以下でよいであろう。併し代謝量の少い魚介は更に多くてもよい。例えば増重を目的とするウナギは 200% 位迄飼育可能である。

水質の管理は飼育水の溶存酸素や RpH を測つてそれが少なかつたり又は pH にくらべて大きいときは通気量を増せばよい。pH や alkalinity を測定しこれがそれぞれ 6~7 以下又は 0.4 以下のときは石灰又は苦土の添加が必要である。この石灰投与の標準量は延飼育量(重さ×日数)に 0.1/100 を乗じた量が水 1 *l* に対する g 数である。但し脘窒現象があるから適宜調節することが必要である。

濾過槽は閉塞することのないようその前に沈澱槽を設けるのがよいが更に下方より濾過するのがよい(圧力式, 正水頭式濾過法)。しかし数ケ月以内に閉塞するから適宜洗滌する必要がある。

新らしく装置を作つて飼育を開始するときは他で使用中の濾過砂を用いるか又はその 2 週間位前から ammonia, phosphate, 鉄塩を添加した海水又は井水を循環せしめ充分に砂上に細菌を繁殖せしめてから魚介を入れる必要がある。

摘　　　　要

循環濾過飼育装置における魚介の飼育可能の条件を吟味し，その分泌排泄物の量とその除去される速さの測定から飼育飽和（可能）量計算法及び長期飼育の対策をしらべ装置設計に必要な基準を求めた。

i） この装置において魚介の分泌する窒素化合物は nitrate 及び固形の有機物として燐化合物は phoshate として蓄積されその他は水質に著しい影響を与えない。

ii） 飼育可能の第 1 条件は水中の溶存酸素，炭酸ガス，ammonia 及び有機物（溶存）の量を M とすれば $dM/dt=0$ であることである。通気を充分にした場合には，有機物にくらべて毒性の大きい，分解し難い ammonia のみについてこれをしらべればよいことになる。それで魚介の窒素化合物分泌の割合と濾過砂細菌の ammonia 酸化作用，細菌の窒素同化作用との測定計算を行つて魚介量に対応する濾過砂の量を求めた。

iii） 第 2 条件は nitrate の増加及び phosphate の増加に伴う石灰や苦土の沈澱除去による酸性化を防ぐことである。これに必要な石灰，苦土の投与量が求められた。

iv） この結果からこの装置を設計するのに必要な基礎的基準を求めた。

v） この装置における飼育飽和量の求め方，飼育密度適否判定法を考案し，更にこれによる若干の飼育例について吟味した。

vi） この装置における飼育量の決定法，水質管理法について述べた。

終りに指導並びに種々の便宜を賜つた松江教授並びに恩賜上野動物園水族館の久田氏に深謝する。

文　　　　献

1） 佐伯有常：水産増殖，**4**，No. 2，12，1956.

2） Baldwin，F：An Introduction to Comparative Biochemistry，Cambridge Press，1949.

3） Brockway，D. R.：*Prog. Fish Cult.*，**127**，1950.

4） *The Nutrition of Trout*，Cortland Hatchery Rep.，**19**，*Fish. Res. Bull.*，**14**，1950.

5） 田村　正：水産増殖学，紀元社，1956.

6） 古川厚他：本誌，**12**，119，1955.

7） 佐伯有常：日水会講演，Oct.，1955.

8） 右田正男他：水試報告，**8**，1937.

9） 板野新夫：土壌微生物学，産業図書，1948.

10） Lees，H. & Quastel，J. H.：*Bioch. Jour.*，**40**，803，1946.

11） Sunier，A. L. J.：The circulation and chemistry of the sea-water in the Amsterdam Aquarium，Natura Artis Magistra，1952 (Copywright).

12） Bredeı，C. M. et al：*Zoologica*，**9**，No. 11，419，1931.

13） 小穴進也：科学，岩波，**24**，117，1954.

14） 佐伯有常：日水会講演，April，1956.

15） Atkins，W. R. G.：*Jour. Mar. Biol. Assoc.*，**17**，No. 2，479，1931.

硝子玉浮子の流水抵抗について—I. 各種硝子玉浮子及び球の抗力係数の比較

谷 口 武 夫
（農林省水産講習所）

Hydrodynamic Studies on the Resistance of Spherical Glass Floats for Fishing Net—I. Comparison of the drag coefficients of the floats having various and diameters with that of the sphere

Takeo TANIGUCHI

The glass floats used for the fishing net are coverd commonly shelter-mesh for respective fishing gears. Among them, the resistance of those used for the Japanese trawl, the otter trawl and the trap nets were measured experimentally in company with that of floats without the shelter, and they were compared with that of the sphere. The results oobtained may be summerized as follows:

1) When the current speed (U) exceeds 0.2～0.4 m/sec, the water resistance of floats (R) varies proportionally with U^2, while when the speed does not reach to the above, R is in proportion to U.

2) When the Reynold's number (R_e) is in the range of 3×10^4～5×10^5, the drag coefficient (C_d) of the bare glass float is measured about 0.36 coinciding with that of the sphere, irrespective of its R_e. While when the float is covered by mesh, the value of C_d are measured about 0.75, 0.90 and 0.75, i.e. 2, 2.5 and 2 times as large as that of the spere, for the Japanese trawl, the otter trawl and the trap net, respectivelly.

3) When the R_e of floats having the same style of cover is equal, the diameter of float is the larger, the C_d is the smaller.

硝子玉浮子の流水抵抗については，既に裸球並びに保護網の糸或いはロープの太さによる抵抗増加等に関する小林等[1]の実験結果がある。著者はこれについて更に詳細な資料が曳網，落網等の改良並びに設計上必要であつたので，先ず比較の都合上各種規格の裸硝子玉，並びに実際以西漁場及び定置網で使用されている手繰用，トロール用及び落網用保護網付硝子玉浮子の水中抵抗を水槽実験により測定した。

実験並びに其の方法

実験は東海区水研内の静止水槽で昭和 30 年 12 月に行なわれた。その方法は，裸硝子玉の場合は細いクレモナ網糸（直径約 1 mm）を網目状にかけて結び，手繰，トロール及び落網用保護網付浮子の場合は夫々手繰トロール網の魚捕部及び落網の古網地を硝子玉に被せた（Fig. 1 参照）。これらの硝子浮子を一本の柔軟鋼線で水槽上を走るキャリエージの後端に，裸玉では浮子表面に附着している隆起物を前向きに，手繰，トロール用浮子では保護網の両耳端を左右に，又落網用浮子では両環縄部を前（後）向きになるように吊り下げる。次にこれらの最前端の結び目或いは取手から取り出した鋼線を前部滑車を通してキャリエージに装置されている抵抗測定器の桿の先端に取り付けた。又曳行時に起る浮子の横振れを防止するために，キャリエージ後部両側に取り付けられた滑車を通した鋼線で浮子の両側の結び目を横方向に張り，尚上下振動を抑制する意味で各浮子には予め小孔をあけ水を充満した。実験は水温 11～12°C，曳行速度 0.08～1.90 m/sec，抵抗力測定の精度 5～10 g の範囲内で行つた。供試材料の詳細は Table 1，2，3 及び 4 に示されている。

1957 年 11 月 18 日受理



Fig. 1. The sketch of glass floats which are in bare (1) or covered by mesh used for the Japanese trawl (or the otter trawl) (2·3) and the trap net (4).

Table 1. Details of the spherical bar glass floats

Kind of Float	Diameter of Float
5 SUN DAMA	15.1 (cm)
6 〃	17.9
8 〃	24.0
10 〃	30.0
12 〃	35.5

Table 2. Details of glass floats covered by mesh used for the Japanese trawl

Kind of Float	Diameter of Float	Shelter Net
5 SUN DAMA	16.5 (cm)	The double cord mesh which was made of the *manila* twine stained by the tar (Dia. of twine : 0.28 cm, Size of a mesh : 5.5 cm).
6 〃	19.3	
8 〃	25.4	
10 〃	31.4	

Table 3. Details of glass floats covered by mesh used foı the otter trawl

Kind of Float	Diameter of Float	Shelter Net
5 SUN DAMA	16.7 (cm)	The double cord mesh which was made of the *manila* twine stained by the tar (Dia. of twine : 0.43 cm, Size of a mesh : 7.5 cm).
6 〃	19.5	
8 〃	25.7	
10 〃	31.7	

Table 4. Details of glass float covered by mesh used for the trap net

Kind of Float	Dia. of Float	Shelter Net	Net Rope packing over Shelter Net	Annular Rope packing on Shelter Net
12 SUN DAMA	40.4 (cm)	The single cord mesh which was made of the *manila* twine stained by the tar (Dia. of twine : 0.3cm, Size of a mesh : 12 cm, Breadth and Length of the netting : 10 meshes hanging and 23.6 m)	The *manila* rope stained by the tar (Dia. of rope : 0.72 cm, Size of a mesh : 30 cm	The *manila* rope stained by the tar (Dia. of rope : 1.96 cm, Length of rope : 51.8cm, Dia. of ring : 16.5 cm)

実験結果と其の検討

硝子玉浮子が水から受ける抵抗 R と曳行速度 U との間には，Fig. 2, 3, 4 及び 5 に見られるように，U が小さいときは R は U に比例し，U が大きくなり 0.2 及至 0.4 m/sec を超えるころから R は U の自乗に比例する傾向がどの浮子についてもみられる。

次にこれら硝子玉浮子の抗力係数 C_d と Reynold's 数 R_e との間の関係を知るために，各種規格の裸硝子玉，底曳用及び定置網用保護網付硝子浮子ごとにそれぞれ測定したものと球の値[2] とを比較して夫々

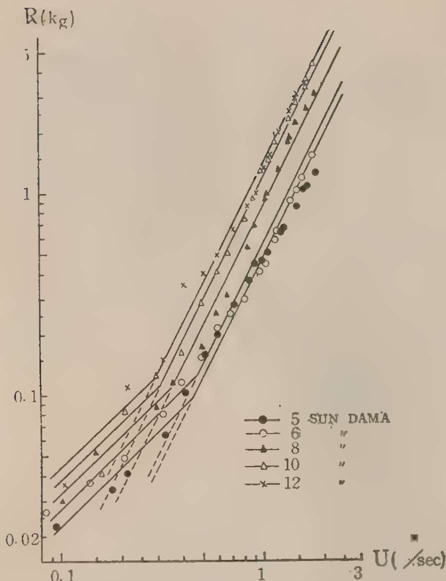


Fig. 2. The relation diagram between the towing velocity (U) and the resistance (R) (for bare glass float).

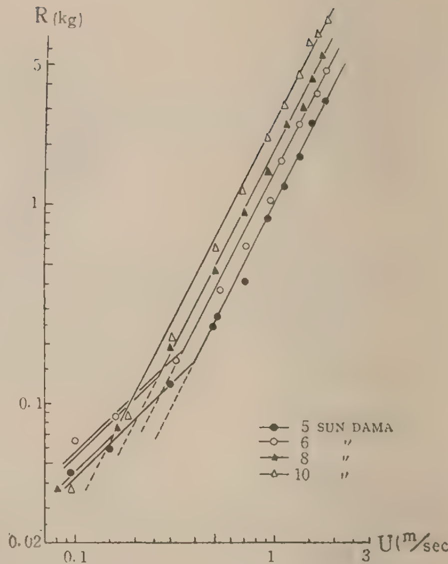


Fig. 3. The relation diagram between U and R (for glass floats covered by mesh used for the Japanese trawl).

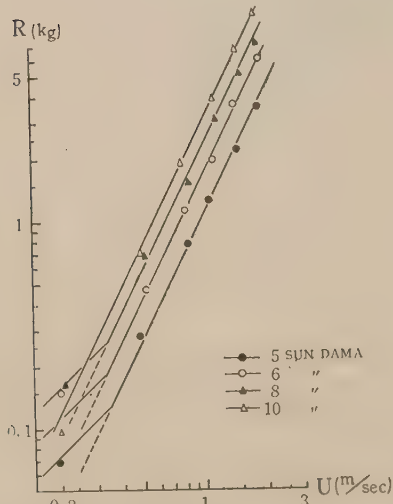


Fig. 4. The relation diagram between U and R (for otter trawl).

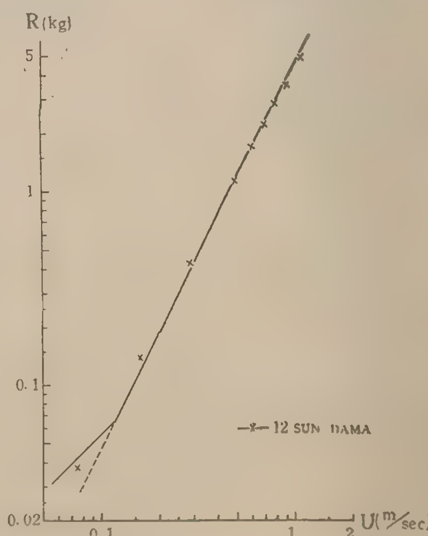


Fig. 5. The relation diagram between U and R (for the trap net).

Fig. 6, 7, 8 及び9に示す。これらの結果を要約すると次のことが言える。硝子玉浮子の C_d は保護網の有無及び其の種類の如何にかかわらず，

1) R_e が 1×10^4 から 3×10^4 以下の比較的小さい範囲では，C_d は球に対する値に較べ，いずれも相当大きく R_e が増大するにつれ急激な減少曲線を画くが，3×10^4 附近を超える頃からほぼ一定値となる。

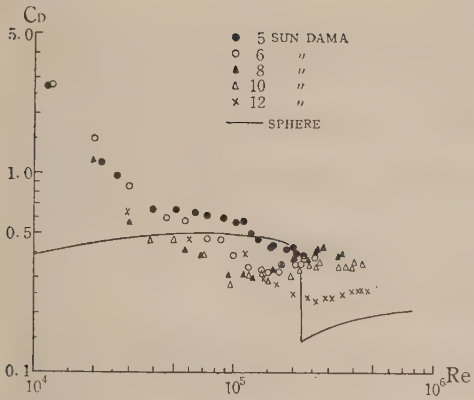


Fig. 6. The relation diagram between the drag coefficient (C_d) and Reynold's number (R_e) (for bare glass floats).

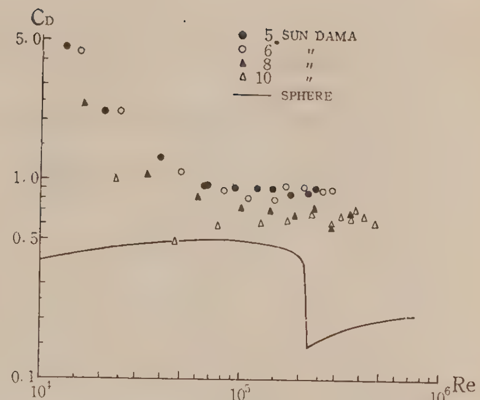


Fig. 7. The relation diagram between C_d and R_e (for glass floats covered by mesh used for the Japanese trawl).

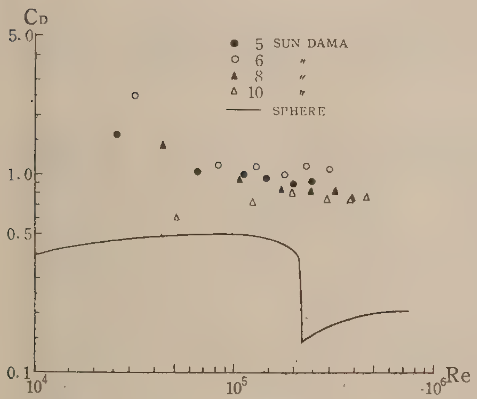


Fig. 8. The relation diagram between C_d and R_e (for the otter trawl).

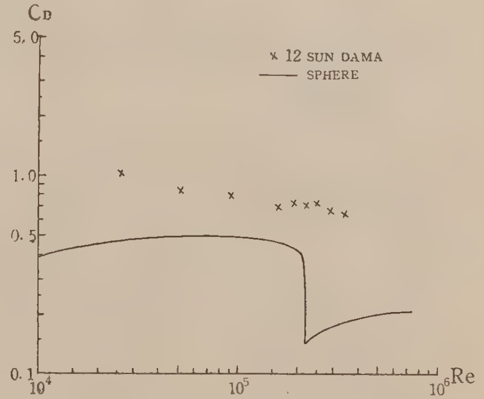


Fig. 9. The relation diagram between C_d and R_e (for the trap net).

2) R_e が 3×10^4 から 5×10^5 迄の裸硝子玉の C_d は大略 0.36 位で 球に対する値に近づくが, 手繰, トロール及び落網用保護網付浮子では大略 0.75, 0.90 及び 0.75 位で球並びに裸硝子玉に対する値の夫々 2, 2.5 及び略 2 倍前後大きい。

3) 同じ系統の硝子浮子で, R_e が同じ場合には, 浮子の直経が大きいもの程その C_d は小さくなる傾向がある。

以上の結果はさきの小林等の報告とは, 1) 及び 3) の点でやや趣きを異にした感がある。その理由として, 硝子玉及び被覆用の網地の糸や目合等が互に幾何等的相似の条件を満足していない点も考えられるが, 後者の結果が断片的であるのでその詳細は明らかでない。又硝子玉に保護網を被覆した場合の抵抗は, 小林等が指摘したと同様に本実験の結果でも, 保護網の糸或いはロープの太いもの程大きくなるようである。しかしこの外, 保護網の目合, 材質更にはそれの被覆の仕方等によつても抵抗は大きく左右されることがうかがわれるので, 硝子浮子の効率を考える場合にはこれらの諸要因をも併せ検討する必要がある。

終りに本実験を行うに当り御指導並びに便宜を賜つた東海水研宮本博士並びに本所豊田教授, 終止実験に御協力下さつた大洋漁業下関研究所野村次長, 本文を稿するに際し御懇切な助言を賜つた京都大学川上教授の諸氏に深甚の謝意を表する。

引 用 文 献

1) 小林喜一郎・高橋広弥・上野元一　北大水産学部研究彙報, 4 (4), 2 (1954)
2) PLANDTL, L　Applied hydro- and aeromechanics. (1934)

Studies on Muscle of Aquatic Animals—XXXVIII. The Influence of Frozen Storage on Muscle Protein of Yellowtail (*Seriola quinqueradiata*)

Wataru SIMIDU, Usio SIMIDU and Hiroyoshi TERASIMA

(Department of Fisheries, Kyoto University, Maizuru)

In the previous paper[1], the denaturation of muscle protein that advances during frozen storage was investigated with muscle of lizard-fish (*saurida tumbil*). The aim of the present work is to reveal that differences among various species of fishes do come out also in their cold storage deterioration.

Experimental

(A) Change in muscle of yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) caused by frozen storage

The material used consisted of yellowtails (weighing 725 to 972 g.; mean 870 g.) having been stood for about 24 hours since their landing. A lot of this material was transferred immediately to a cold room and stored there at −15° to −18°C. Another lot of the material was previously kept at 0° to 2°C. for 4 days, and then stored at −15° to −18°C. All the fish were glazed after freezing. At intervals, samples of back muscle were taken for analyses without thawing. pH value, amounts of acid soluble pohsphates, free SH group, and soluble protein were measured. The procedures were the same as those described in the privious paper[1]. The solubility was determined with the extracts of muscle in NaCl solutions of various concentrations and 20 times the muscle volume. The first experiment on frozen samples was performed for both the lots after 15 to 17 hours standing at −15° to −18°C. In this period, the flesh was still somewhat soft. After more than 24 hours it became quite hard.

The results are given in Table 1 and Figure 1. From Figure 1 it will be seen that despite the marked fluctuation of experimental values an overall constancy retain as regards the protein solubiltty even over about 4 months. This formes a sharp contrast to the results with lizard-fish whose solubility was found to reduce rather promptly. Of the solubility data gotten by extraction made usually with thirteen salt solutions varying stepwise in concentration only two are plotted in Figure 1. Figure 2 shows several instances of the solubility curves. There is no marked change in the type of curves during storage.

△ 7 P., i. e., 2/3 ATP-P plus 1/3 ADP-P, was found to disappear in practice in the biginning, though it reappeared reaching a level rather higher than in lizard-fish muscle. Some fluctuation of organic P was seen in the early period. As for the amounts of free SH group as well as pH value no distinct alteration was observed.

Received Aug. 28, 1957

Table 1. pH value, acid soluble phosphates and free SH group of stored frozen yellowtail muscle

Samples made to freeze 2 days after death						Samples made to freeze 6 days after death					
Period of storage (days)	pH	SH (m. M.)	P. (M.) T. P.	O. P.	Δ7P.	Period of storage (days)	pH	SH (m. M.)	P. (M.) T. P.	O. P.	Δ7P.
2	5.9	0.126	6,230	170	0	6	5.8	0.066	7,150	1,260	50
4	5.9	0.107	8,320	1,650	120	8		0.071	7,120	1,030	20
6	5.7	0.072	7,280	960	50	11	5.9	0.059	7,470	980	0
10	5.8	0.106	7,570	1,120	20	27		0.106	7,080	1,090	170
22	5.9	0.182	7,560	1,420	180	42	5.9	0.089	7,220	690	60
36	5.8	0.125	7,090	1,170	50	64	5.8	0.120	7,290	1,080	60
56	5.7	0.113	7,390	1,470	70	85	5.8	0.241			
80	5.8	0.087				109	5.9	0.124	7,740	990	
101	5.8	0.123	8,440	1,570		148	5.8	0.154			
128	5.8	0.144									

T. P., Total phosphates ; O.P., organic phosphates ; Δ7P, 2/3 ATP–P plus 1/3 ADP–P

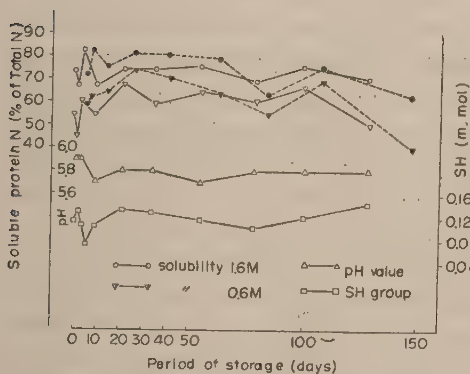


Fig. 1. pH valuble, soluble protein nitrogen and free SH group of stored frozen yellowtail muscle.

Open symbols show values for the fish made to freeze 2 days after their landing ; solid symbols are for those frozen after 6 days.

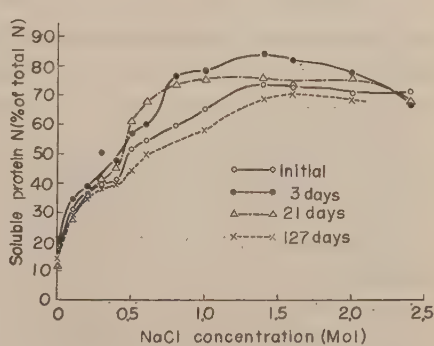


Fig. 2. Solubility curves for yellowtail muscle stored at −14° to −17°C. (chilled 2 days after catch).

There produced no significant differences whether the fish were made to freeze earlily or later.

(B) Change in muscle of croaker (*Argyrosomus argentatus*) caused by frozen storage

The material consisted of three croakers weighing 201 g. on the average. They were caught 2 or 3 days ago. They were frozen in the ice box of a refrigerator at −3° to −10°C., and stored at that temperature. A fillet of each fish was taken out at intervals, and pH value, free SH group, and the solubility were measured. In determination of the solubility, muscle samples were extracted with NaCl solutions 20 times the volume of the sample for

3 hours. The salt concentrations were 0.6 M (one buffered with $NaHCO_3$ at pH 7.0 to 7.4, and the other unbuffered) and 1.5 M, respectively. The results were expressed in mg. of soluble protein nitrogen per 100 g. muscle.

The results obtained are given in Figure 3. The pH value was considerably high in the beginning because the material used was not fresh. The value rose further afterward. The amount of free SH group showed no remarkable change. The protein solubility fell during frozen storage and a particularly rapid decrease was observed in the case of 0.6 M NaCl extraction. The solubility increasing effect of the buffered extractant was seen only in an earlier period of the storage.

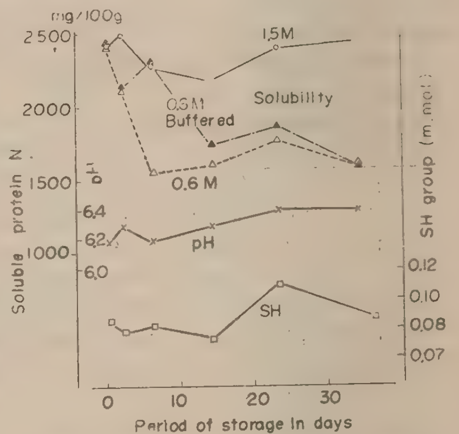


Fig. 3. pH value, free SH group and soluble protein nitrogen of frozen croaker muscle.

(C) Change in muscle of nagaduka (*Stichaeus grigorjewi*) caused by frozen storage

Nagaduka is one of the main materials for kamaboko (steamed fish cake) like croaker and lizard-fish and known for its peculiar stability in post-mortem. The material here used was fish which had been dead for a considerable time. The volatile basic nitrogen content at the start was found already to be 23.6 mg. pre 100 g. muscle and rose even to 113,0 mg. the following 11 days storage at 1°C. Samples were divided into three groups. One of them was immediately submitted to chemical analysis. The other two groups were stored at 1°C. and −15° to −18° C., respectively, and after the 11 days storage used for experiments. pH value, amount of free SH group, the viscosity of muscle brei, and the protein solubility were determined. The solubility was measured in the same way as in the case of croaker described above.

The results obtained are given in Figure 4 which shows the decreases of pH value and the solubility, and the increase of free SH group in the 11 days frozen storage.

The Kamaboko forming ability was measured by Y. Simizu. The quantitative results were not obtained because of the lack of freshness of the samples, but the bad assessment of products from frozen materials was shown.

It seems that the remarkable change in muscle of nagaduka caused by frozen storage was due to the lack of freshness of the starting material.

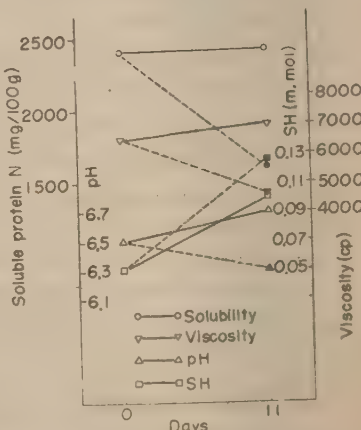


Fig. 4. pH value, free SH group, stickiness of muscle mush and soluble protein nitrogen of Nagaduka stored at 1°C. and −15° to −18°C.
Open symbols show values for unfrozen fish ; solid ones for frozen fish.

Discussion

The change in the solubility appeares by no means as a simple directional trend because the solubility treated here is not other than "extractability". Apparently, a recovery occurs in the solubility after an initial fall, and then follows a gradual decrease with the later laps of time.

An increase of actomyosin solubility in an earlier period of frozen storage was also obseved by SIZOV[2] with rabbit muscle, and he considered that this phenomenon was caused by autolysis in muscle proceeding during frozen storage.

NIKKILA & LINKO[3] reported that the freezing of fish muscle befor rigor-motis resulted in a quick decrease of actomyosin solubility. With whale muscle, TANAKA & TANKA[4] pointed out that an enormous drip is caused by the freezing before rigor-mortis. These phenomena may be related to the fact that muscle immediately after death contains large amounts of high energy phosphates which will be used when a serious contraction of muscle occurs. In this investigation, there were found no remarkable differences whether freezing was practised in an earlier or later period of rigor-mortis. It appears that there is little difference in storage life between fish frozen during rigor-mortis.

The rate of change differs widely among various species of fish. In lizard-fish, it may be regarded that 36 per cent of its actomyosin turns insoluble in 30 days storage at −16°C., while actomyosin of yellowtail may perhaps be almost perfectly stable over 120 days storage at the same temperature.

DYER et al[5]. also had shown such a difference. They showed the lower fat content of fish, the more rapid denaturation and attributed this relation to the less stability of pure actomyosin compared with lipoprotein. Lizard-fish is a typical non-fatty fish which contains only about 0.5 per cent of fat, while yellowtail muscle contains a considerable amount (about 10 per cent). However, yellowtail used in the present investigation consisted of younger fish which contained less fat (about 2 per cent).

The instability of lizard-fish or cod in frozen storage seems to have a relation with the particular softness of their muscle. They are known to be very changeable fish even in non-freezing storage. Further studies are needed in order to interpret the difference of stability between various species.

References

1) SIMIDU, W. & SIMIDU, U. : *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **23**, 442 (1957).
2) SIZOV, M. I. : *Biochimia*, **21**, 317 (1956).
3) NIKKILA, O. E. & LINKO, R. R.: *Food Res.*, **21**, 42 (1956).
4) TANAKA, T. & TANAKA, K. : *Refrigeration* (Jap.) **32**, 6 (1957).
5) DYER, W. J., MORTON, M. L., FRASER, D. I. & BLICH, E. G. : *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **13**, 569 (1956).

On the Nature of the Streaming Birefringence Observed in the Aqueous Extracts of Squid Muscle—II. Dissolution of "Myosins*" in the Aqueous Extract

Masao MIGITA and Juichiro J. MATSUMOTO

(*Tokai Regional Fisheries Research Laboratory*)

In the previous paper[1] it was shown that when squid muscle is repeatedly extracted with 2~20 vol. of water, in the second and the following extracts streaming birefringence (SB) was observed and that on centrifugation the content of the tube separated into three layers, supernatant liquid layer (extract, A-phase in the previous paper), precipitates at the bottom (B-phase) and a translucent pasty layer (C-phase) between them (cf. Fig. 1). An upper part of C-phase was observed to form a fluid (D-phase) which flowed out on decantation.

As for the development of SB the authors proposed an assumption that the aqueous extracts of squid muscle might contain "myosins" which has been brought into dispersed state for some unknown reason. The assumption was based on the fact that in squid muscle the amount of proteins obtained by repeated extractions with water is much greater than that of "non-myosins", as well as on the solubility behaviors of proteins found in the aqueous extract toward KCl solutions of varied ionic strengths.

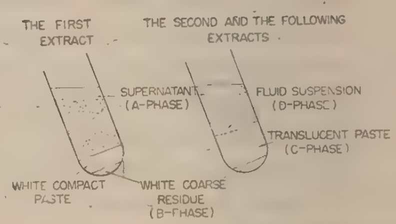


Fig. 1. Patterns of the contents of centrifuging tube after centrifugation of the aqueous extracts of squid muscle.

On the other hand properties of C-phase, especially i) development of strong SB when suspended in water, ii) tendency to pass gradually into suspension, and iii) decrease of the apparent volume of C-phase in the course of repeated extractions, seemed to suggest that proteins composing C-phase might be the origin of the streaming birefrigent proteins in the aqueous extracts.

In order to give some evidences to these assumptions, SB and solubility behaviors of "myosins" prepared from squid muscle, and of C-phase separated from the aqueous extraction residue were compared with those of aqueous extracts.

Received Sep. 14, 1957.
Contribution B No. 273, from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory, Tokyo.
Read before the Annual Meeting of the Chemical Society of Japan on April 3, 1954.

* The term "myosins" is used to denote the total muscle proteins which dissolve in salt solution and precipitate on dilution.

Experimental

Methods

A. Preparations

Aqueous extracts The first extract S_1 was obtained by extracting 10 g. of squid muscle with 50~200 m*l*. of water by a hand-made blendor[2] centrifuging it by 3,500~4,000 r.p.m. (1,100~2,800 *g*). From the residue in the first extraction was similarly obtained the second extract S_2.

S_1 did not generally possess SB, while S_2 always did.

"Myosins" Fresh squid muscle was treated with 1 M KCl containing 0.02 M $KHCO_3$, pH being adjusted to 7.2~7.3. After centrifugation the supernatant liquid was diluted to an ionic strength (I) 0.1 at pH 7, kept in the cold for 4~5 hours. "Myosins" precipitated as white translucent gel.

Separation of C-phase In the second extraction of squid muscle with water, the supernatant liquid S_2 was decanted out after centrifugation, and translucent pasty C-phase was spooned up.

B. Intensity of SB

Diluting sample solution serially twofold, the change of the pattern observed in the field of the crossed Nicol prisms was followed. The patterns were classified as follows :

+ ; a distinct cross appears,

± ; bright and dark areas are moving like a cluster of clouds, forming no distinct cross,

$\underline{\pm}$; the clouds are very faint,

− ; the field remains dark.

The intensity of SB of sample solution was represented as described in the previous paper by the minimum concentration which produces a definite pattern.

Results

(A) SB of S_2, Preparation "myosins" and salt extract

SB of S_2, Preparation "myosins" and KCl (1.0 M) extract obtained from the same squid muscle was compared where "myosins" was tested as a suspension in water (Table 1).

Table 1. Streaming birefringence of the aqueous extract S_2, aqueous suspension of Preparation "myosins" and KCl extract of squid muscle

Pattern of SB	Aqueous extract S_2	"Myosins" suspended in H_2O	KCl extract
+	0.5	0.29	1.30 (1.1)*
±	0.25	0.15	0.65 (0.56)
$\underline{\pm}$	—	—	0.33 (0.28)

Figures in the table denote the minimal concentrations of sample (mg. proteins/m*l*.) to give the respective patterns when water is used as diluent.

* Figures in parentheses denote concentration of "myosins" in KCl extract.

From the table it may be said that the three samples were roughly in the following order with respect to the intensity of SB :

Preparation "myosins" > S_2 > salt extract.

There were however evidences suggesting that weaker SB of the KCl extract may be due to the effect of KCl. Thus SZENT-GYÖRGYI[3] has observed that his myosin exhibited SB when dispersed in water, but not when dissolved in 0.5 M KCl solution, and with SB of myosin, which is actomyosin in the present knowledge, EDSALL and MEHL[4] observed inhibitory effects of inorganic salts.

Table 2. Inhibitory effects of inorganic salts on SB of aqueous extract, suspension of "myosins" and KCl extract of squid muscle

Sample	The 2nd aqueous extract					"Myosins" suspended in H_2O					KCl extract				
Diluent		H_2O	KCl 1 M	LiCl 1 M	$MgCl_2$ $\frac{1}{3}$ M		H_2O	KCl 1 M	LiCl 1 M	$MgCl_2$ $\frac{1}{3}$ M		H_2O	KCl 1 M	LiCl 1 M	$MgCl_2$ $\frac{1}{3}$ M
Initial solution	mg. pr./ml. 0.99	+				mg. pr./ml. 4.68	+				mg. pr./ml. 4.47*		+		
Dilution															
× 2	**0.50**	+	−	−	−	2.34	+	+	+	+	2.24	+	+	+	−
× 4	0.25	±	−	−	−	1.17	+	+	±	±	**1.12**	±	+	+	+
× 8	0.12	−	−	−	−	0.58	+	±〜±	−	−	0.56	−	±	±	±
×16						**0.29**	+	−	−	−	0.28		±	−	−
×32						0.14	±	−			0.14		−		
×64						0.07	−								

Samples are the same as those in Table 1.

* Denotes "myosins" in the extract.

In order to prove it directly, effects of inorganic salts on SB of the above three samples were examined by twofold serial dilution with KCl, LiCl and $MgCl_2$ solutions of ionic strength 1 (Table 2). In the case of S_2 and Preparation "myosins" decrease in SB was clearly observed at a higher protein concentration when diluted with salt solution than with water. On the other hand, in the KCl extract it was found that it did not lose SB down to a lower protein concentration when diluted with salt solution than with water. The latter fact may be due to insolubilization of "myosins" owing to the fall of KCl concentration when diluted with water. For example, at the second dilution with water KCl concentration became 0.25 M, which is the threshold value for precipitation of actomyosin.

Thus S_2 and "myosins" suspension behaved almost similarly in SB, but some

Table 3. Stability of SB against centrifugation of aqueous suspension of C- and D-phases

Pattern of SB	C-phase	D-phase	D-phase after centrifuged (4,000 r. p. m. 10 min.)	"Myosins" suspension
+	0.72 (0.66)*	0.36	0.86	0.29
±	0.36 (0.33)	0.18	0.42	0.15
±	0.09 (0.08)	0.09	0.13	—
SB after centrifuged	Remains	Remains		Disappears

* Figures in parentheses denote concentration of "myosins".

differences were observed between them. For example, the former persisted in showing SB after centrifugation of 4,000 r. p. m. for 30 min., while the latter was easily precipitated by centrifugation of 3,000 r. p. m. for 10 min. and SB was no longer detectable in the supernatant liquid.

(B) C-phase and D-phase

Translucent pasty C-phase and fluid D-phase were suspended in water respectively and their SB was examined by serially diluting with water (Table 3). They exhibited SB of strength and stability nearly equal to S_2. Most of the proteins remained in solution and SB diminished only little after centrifugation. If this suspension, however, was diluted with 0.2 M KCl, and centrifuged for 10 min. at 3,000 r. p. m., a bulk of proteins precipitated and the supernatant liquid became clear and exhibited no SB.

(C) Fractionation of C-phase

C-phase was dissolved in 0.6 M KCl, whereby only 1～16 % of proteins was left undissolved, and the solution was diluted to an ionic strength 0.04 at pH 6.6. After standing overnight in the cold, the solution was centrifuged and the precipitates were estimated. They amounted to 92 % of the total dissolved proteins in C-phase and proved to be strongly streaming birefringent. These proteins are considered to correspond to myosin and actomyosin in the case of rabbit muscle.

(D) Solubility of proteins of C-phase in KCl solution

KCl solutions of varied concentrations were added to C-phase, left overnight in the cold, and proteins in the supernatant liquid (pH 5.9～6.4) were determined (Fig. 2). The solubility curve is quite similar to that of rabbit myosin of SZENT-GYORYI[5]. It was also observed that at ionic strengths below the point of the minimal solubility the turbidity of the solution was stronger and the precipitates swoll. In these respects the proteins in C-phase have a strong resemblance to streaming birefringent proteins in the aqueous extract.

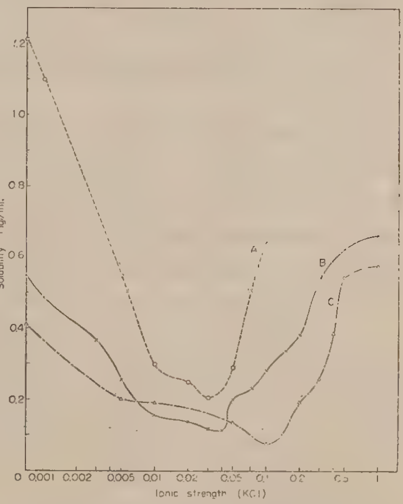


Fig. 2. Solubility of proteins of traslucent paste (C-phase) in KCl solutions of varied ionic strengths.
A, B : C-phase,
C : Mixture of the third and the fourth extracts.

Discussion

Differences between the first and the second aqueous extracts

There are observed distinct differences between S_1 and S_2 in SB of supernatant liquid as well as in the state of precipitates (Fig. 1). These differences seem to be explained by a significant difference observed in their ash contents (Table 4). Taking the ash in the supernatant liquid as NaCl, ionic strengths of S_1 and S_2 were found to be 0.019 and 0.006 respectively. According to the previous paper and Fig. 2 in this paper, streaming birefring

Table 4. Differences between the first and the second extractions

Extraction	Supernatant		Precipitate
	SB	Ash(%)	
1st	−	0.12	Soft but rather compact
2nd	+	0.04	Composed of, beside compact residue, translucent and swollen C-phase

ent proteins in S_2 as well as in C-phase had the minimal solubility at ionic strength near 0.02 ~0.1. Thus S_1 can contain only little streaming birefrigent proteins while in the second and the following extracts such proteins are dispersed in water, since the ionic strength lies in the lower side of the point of the minimal solubility. This may explain not only the developement of SB but also the observed difference in the appearance of precipitates in the latter extracts.

Similarity and difference between Preparation "myosins" and the proteins in S_2 and C-phase

Aqueous suspension of Preparation "myosins", the second aqueous extract, and C-phase dispersed in water showed close similarity in SB and solubility behaviors. In addition from analytical point of view, a major constituent of the streaming birefringent extract[1] and of C-phase appears to be composed of the fnaction of "myosins". These facts may suggest the identity of these proteins with Preparation "myosins". Nevertheless some differences were found among their solubility behaviors.

Firstly, proteins in C-phase exhibited the minimal solubility at $I=0.03\sim0.04$, while those of S_2 at 0.1 as reported in the previous paper. Probably this difference is due to the variation in actin content of the fraction separated as "myosins", owing to extraction conditions and history of material etc. And the difference in actin content affects in turn the solubility of fraction "myosins", because it has been shown by SARKAR[5] that both myosin and actomyosin have at $I=0.05$ the point of precipitation maximum, but the latter precipitates in a wider zone of salt concentration.

Secondly, Preparation "myosins" was apt to be readily precipitable by centrifugaton, while the others were stable against centrifugation of 4,000 r.p.m. 30 min. The latters however became also easily precipitable in the presence of a minute amount of salt. These three samples have been prepared from one and the same muscle, but there is an important difference in the procedure of their preparation, that is, Preparation "myosins" has been extracted with KCl solution, while the other two have been prepared without contacting with KCl at all. That salt exerts a significant influence on myosins has been shown in the obscrvationof PERRY[6] that the effect of cations on the ATPase activity of intact myofibrils is quite different from that of the same myofibrils under otherwise identical conditions except that they have initially been dissolved in salt solution. This as well as the fact that the stability of aqueous suspension of C-phase was lost on addition of a small amount of salt may suggest that the streaming birefringent proteins in the aqueous extract and C-phase are essentially identical with "myosins", but the latter has undergone a sort of change because of contact with KCl in the process of preparaton.

C- and D-phases may be considered as intermediate states observed when "myosins" dissolve into water.

Summary

A translucent paste (C-phase) obtained from the residue in extraction of squid muscle with water showed a close resemblance in SB and solubility behaviors with streaming birefringent proteins in aqueous extract and Preparation "myosins".

More than 90% of the total dissolved proteins of C-phase were estimated as "myosins" at pH 6.6, and were readily dispersed in water to show strong SB.

Streaming birefringent proteins in aqueous extract and in C-phase showed a stronger stability against centrifugation than "myosins" when dispersed in water. The difference may be considered to be due to an effect of KCl, because the former two have been prepared without contacting with KCl, while "myosins" has been prepared from KCl extract of muscle, and because the stability of the aqueous dispersion of C-phase is lost in the presence of a small amount of KCl.

Proteins of C-phase might be considered to be intact squid "myosins" and the origin of SB observed in aqueous extract of squid muscle.

The authors are indebted to Mrs. Tomiko SAISHU for her technical assistance.

References

1) MIGITA, M. and MATSUMOTO, J. J. : *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **20**, 641～52 (1954).
2) MATSUMOTO, J. J. : *J. Jap. Chem.*, **9**, 202～3 (1955).
3) SZENT-GYÖRGYI, A. : "Chemistry of Muscular Contraction", Academic Press, New York (1947).
4) EDSALL, J. T. and MEHL, J. W. : *J. Biol. Chem.*, **133**, 409～429 (1940).
5) SARKAR, N. K. : *Enzymol.*, **14**, 237～45 (1950).
6) PERRY, S. V. : *Biochem. J.*, **48**, 257～65 (1951).

アコヤガイ及びイケチョウガイの生化学的研究—IV. イケチョウガイによる ^{45}Ca の吸収と貝体内における移動

堀口吉重
(三重県立大学水産学部)

Biochemical Studies on *Pteria (Pinctada) martensi* (DUNKER) and *Hyriopsis schlegeli* (MARTENS) —IV. Absorption and Transference of ^{45}Ca in *Hyriopsis schlegeli* (MARTENS)

Yoshishige HORIGUCHI

In order to determine the Ca absorbing organ and to clarify the picture of Ca absorption and transference in *Hyriopsis schlegeli*, the author studied the accumulation of ^{45}Ca after ^{45}Ca being absorbed and transferred in the shellfish. The shellfish absorbs Ca through the digestive system via mouth and through the tissue surface directly, both being important absorption process of Ca for the bivalves.

More than half the Ca, absorbed via parenteral pathway are derived from gill, and the rest are derived from mantle and other organs.

Absorbed Ca is transferred by blood stream.

前報[1]において，イケチョウガイ各器官の ^{45}Ca 集積量と排出量を測定し，^{45}Ca 代謝は鰓において最も活潑に行われることを知ったが，この結果より直ちに鰓が Ca の主要吸収器官であると決定し難い。何故なれば前報の方法により得られた代謝量は各器官が環境水より吸収，又は貝体外に排出した ^{45}Ca 量ばかりでなく，既に前報において指摘した如く，器官間の ^{45}Ca 移動量も関係すると考えられるからである。今回は以上の点を考慮して Ca の吸収器官を決定しようと企図し，各器官による ^{45}Ca の直接吸収と器官間の移動を区別して実験を行い，環境水中の Ca がどの器官より吸収され，又どの様な方法で体内を移動して各器官に集積されるかを明らかにしようと試みた。

一般に，水中生物は環境水中の無機物を経口的に摂取すると共に，非経口吸収も行う。魚類の無機物吸収に関し，放射性同位元素を追跡子に用いた研究によると，無機物の主要吸収器官として鰓と消化管が推定されている[2)3)]。しかし無機物の吸収率は元素の種類によって異り“ビキニの灰”は腸管より殆ど吸収されない[4)]。又同一元素でも元素の存在状態によって吸収率は変化する[5)]。

貝類の無機物吸収器官に関する知見は殆んど間接的な実験結果から得られた推測に基くが，電解質は腸と組織表面より入る可能性がある[6)・7)・13)・14)]。その他，貝殻形成に利用される Ca の供給源として海水中の溶存 Ca が直接利用されると云う報告が多いが[8)・9)・10)・11)・12)・13)]，餌（プランクトン）に由来する Ca も無視されない[14)]。

次に，貝に吸収された Ca の貝体内における行動は不明の点が多いが，一部の電解質は血液に入るので[6)]，Ca の一部は血液循環系により貝体内を移動する可能性が強い。又閉殻筋に注射された ^{45}Ca は速に各器官に分布する[13)]。

著者は 2，3 の方法により，イケチョウガイの各器官が環境水より吸収して貝体内に集積する ^{45}Ca 量を測定し，又各器官に投与した ^{45}Ca の貝体内における行動を追跡して，Ca の吸収器官と貝体内の移動，集積について考察した。

1957 年 9 月 24 日受理

材 料 と 方 法

実験は 1955 年6月より 11 月の間に行われた。試料貝，^{45}Ca 培養液，放射能測定方法は 前報[1] に準じた。

I．イケチョウガイが環境水中の Ca を夫々の器官によりどの位の量を吸収するかを比較する目的で次の三項目の実験を行った。

1) ^{45}Ca の経口集積量と非経口集積量の測定……口を閉じた貝の ^{45}Ca 集積量が非経口的に吸収された ^{45}Ca に由来し，口を閉じない貝と口を閉じた貝の夫々の ^{45}Ca 集積量の差が，口を経て消化管より吸収され集積した ^{45}Ca を表わすと仮定した。貝の口を閉じるには富山[2] がコイに用いた方法に従い，Algix と Na_2SO_4 の湿混合物を硬化しはじめる直前に貝の口に挿入した。挿入物が口よりはづれないようにガラス棒で押えて ^{45}Ca 液に入れ，5，20，70 及び 100 時間吸収せしめた後，鰓，外套膜，内臓等に集積された ^{45}Ca 量を測定した，一方，対照貝は口を閉じないで，5，20，70 及び 100 時間 ^{45}Ca を吸収させた後， 各器官の集積量を測定した。

2) 鰓，外套膜表面における ^{45}Ca の直接吸収の証明………非経口的に ^{45}Ca が吸収されるのを確める為，次のような実験を行った。貝の片側の貝殻を出来るだけ肉部を傷つけないように注意して取り去り，一方を露出した殻付貝体を空中に吊し，露出した鰓又は外套膜の一片を ^{45}Ca 液に浸して吸収せしめる。15分間後に ^{45}Ca 液に浸さない側の鰓，外套膜及び心臓血液中に出現する ^{45}Ca 量を測定した。

3) 遊離した各器官の ^{45}Ca 集積量……非経口的に吸収，集積される ^{45}Ca の中，鰓，外套膜，内臓により夫々吸収，集積される量を知るために遊離した各器官を用いて次の実験を行った．貝を鰓，外套膜及び内臓等に分ち，遊離した各器官を直ちに ^{45}Ca 液に浸し 1，5 及び 20 時間後に各器官に含まれる ^{45}Ca を測定した。

II．貝に吸収された Ca の貝体内における移動と血液循環系との関係を明らかにするため次の項目の実験を行った。

1) 各器官に注射した ^{45}Ca の心臓血液への出現……心臓より採血し易いように貝殻の一部を除去し心臓部分を露出させるが，この際閉殻筋が異状収縮を起し心嚢が破れ易いので後閉殻筋の附着する部分の殻を残して除去する。各器官に ^{45}Ca 液を 0.1ml 宛注射する。鰓に注射する場合は鰓蓋部に注射し，外套膜の場合は周縁部の肥厚組織中に，足の場合は筋肉質中心部に注射し，消化管の場合は口を経て食道に注入した。池水に入れ 1，5，10，20 及び 30 分毎に心臓中の血液を注射針にて採血し，血液に ^{45}Ca が出現する時間を求めた。

2) 注射した ^{45}Ca の各器官への分布…… 両殻を開き前項と同様に各器官に ^{45}Ca を注射して池水に入れる。30分，1及び 20 時間後にとり上げ，鰓，外套膜，内臓等に分ち，各器官に移動，集積された ^{45}Ca を測定した。又同時に心臓中の血液を 0.1—0.2ml とり ^{45}Ca を測定した。

結 果 と 考 察

貝類の Ca 吸収方法を諸報告より考察すると，環境水に溶存する Ca が直接吸収され貝殻形成に利用されるとの報告が多いが，その他に餌に含まれる Ca は餌と共に口を経て消化管より吸収され，又溶存 Ca の一部は餌等に附随して経口的に吸収される場合もあると思われる。そして各方法により吸収される Ca 量は環境水中の Ca の存在様式と密接に関係するであろう。本実験では濾過しない池水に $^{45}CaCl_2$ を添加した自然に近い条件の培養液を用いたので ^{45}Ca は遊離形の他，一部はプランクトン，有機砕屑， 貝の分泌する粘液等に吸着されて存在すると推定される。

経口的に吸収される Ca と，鰓等の組織表面より直接吸収され体内に集積される Ca との割合を知るために，口を閉じない貝と口を閉じた貝の ^{45}Ca 集積量を測定した結果は Table 1 の如くである。口を閉じる操作が単に ^{45}Ca の経口吸収を阻止する為のみのものでその他の生理的影響がないとすれば，閉口貝に集積された ^{45}Ca は非経口的に吸収された ^{45}Ca に由来すると考えられる。経口吸収された ^{45}Caと非経口的に吸収されたそれの各器官における集積量の分布を見ると，吸収初期（約5時間まで）では鰓と外套膜の ^{45}Ca は殆んど全量が非経口的に吸収されたものに由来し， 内臓諸器官では非経口吸収に由来する ^{45}Ca の他に小量乍ら経口吸収に由来する ^{45}Ca も認められた。その後，鰓，外套膜における ^{45}Ca の集積には非経口によ

Table 1. Rate of accumulation of ^{45}Ca by means of digestive absorption (C), tissue surface absorption (B) or by both (A) in *Hyriopsis schlegeli* (Martens) immersing in radio-active pond water.

Time immersed (hrs)	Tissue	Gills			Mantle			Other tissues		
		Wt. in wet basis (g.)	cpm	cpm/g.	Wt. in wet basis (g.)	cpm	cpm/g.	Wt. in wet basis (g)	cpm	cpm/g.
5,	A	3.126	40,827	13,060	4.509	20,235	4,488	10.716	22,860	2,133
	B	2.637	46,950	17,804	3.853	18,384	4,771	10.480	18,530	1,768
	C			…			…			365
20,	A	2.715	467,200	172,118	5.467	50,240	9,190	12.887	74,500	5,781
	B	2.572	108,500	42,185	5.155	40,700	7,895	11.868	56.150	4,731
	C			129,933			1,295			1,050
70,	A	2.653	217,655	82,041	5.813	96,800	16,652	12.290	52,800	4,296
	B	1.661	68,160	41,036	3,124	35,200	11,268	7.954	33,850	4,256
	C			41,005			5,384			40
100,	A	2.292	273,610	119,371	4.051	67,500	16,662	7.965	46,870	5,884
	B	2.362	230,285	97,496	4.468	41,880	9,373	10.537	46,240	4,388
	C			21,875			7,289			1,496

Remarks ; A——Accumulation of ^{45}Ca by intact shellfish (normal accumulation)
B——Direct absorption of ^{45}Ca by tissue surface (Parenteral absorption)
C——Per os accumulation of ^{45}Ca, which was caluculated as follow,

$$A-B=C$$

るのみでは不十分で，集積が速に飽和に達するには経口吸収される ^{45}Ca も必要であり，特に外套膜ではこの傾向が強い。貝全体について経口吸収によるものと非経口吸収によるものを比較すると（貝を同重量に換算して)，正常貝の ^{45}Ca 集積量がほぼ最高に達する 20 時間の吸収では約 63 : 37 であるが，100 時間では約 24 : 76 となり，長時間吸収させれば非経口吸収に由来する ^{45}Ca のみで飽和量に近づく傾向が見られた。これらの結果より正常な状態における Ca の経口，非経口吸収量の比率は速断し難く，特に実験操作の為閉口処理貝は衰弱するので非経口吸収量は実際より過小となり，従って計算上，経口吸収量は過大となる傾向を考慮しなければならないが，貝体に集積される Ca は口を経て消化管より吸収されたものと，組織表面より直接吸収されたものの両方に由来し，いづれの方法もイケチョウガイにとり重要な Ca 吸収方法であることが推定された。

この際非経口的に吸収される ^{45}Ca は主に組織と接する環境水の溶存 ^{45}Ca に由来するであろうが，経口摂取される ^{45}Ca が溶存 ^{45}Ca と食餌等に含まれる ^{45}Ca のいづれに多く由来するかは興味ある問題である。アコヤガイでは貝殻形成にプランクトン中の Ca も無視されないと指摘した報告もあるが,[14]，溶存 Ca の経口摂取は淡水貝が環境水を経口的に摂取する量と関係するので改めて検討したい。

イケチョウガイが鰓，外套膜等の組織表面より直接 Ca を吸収するのを証明する一方法として，鰓又は外套膜の一片を ^{45}Ca 液に浸し，浸さない側の鰓，外套膜，血液に出現する ^{45}Ca を検出し Table 2 を得たが，15分間の吸収で空中側の鰓, 外套膜，血液中に ^{45}Ca が認められた。別に墨汁，メチレンブリウ液に鰓，外套膜の一片を浸し，色素が毛管現象により空中側の器官に上昇しないことを確めたので，カキの外套膜と同様[12]にこれらの器官が直接環境水より Ca を吸収し，速に体内を移動すること推定された。

一方，貝に吸収された ^{45}Ca は貝体内を移動する関係上，口を閉じた貝の各器官に集積された ^{45}Ca 量より直ちに各器官が直接環境水より吸収し集積する Ca 量を推定することは出来ない。各器官が直接吸収する Ca 量を比較する一方法として， 器官間の Ca 移動を防ぐため遊離された器官を ^{45}Ca 液に浸しその集積量より各器官の吸収能を比較しようと試みた，この方法により得られる結果は自然の状態における吸収量と同様とは云えないが，各器官により吸収される一つの基準相対量を知ることが出来ると思われる。5－20 時間の吸収では（Table 3）遊離された各器官の集積総量の中，約 56～66%は鰓に，約 20—21% は外套膜に，残りは内臓等に集積された。遊離された器官は衰弱するので ^{45}Ca 集積量は正常貝のそれにくらべて少いが，各器官の集積比率は余り変化しないと仮定すると，非経口的に吸収し集積される Ca はその半量以上

Table 2. Transference of ^{45}Ca into the other tissues on opposite side when gill or mantle were immersed in radioactive pond water.

Tissue immersed \ Tissue on opposite side	Blood cpm/wet matter (ml.)	Gills cpm/wet matter (g.)	Mantle 〃	Foot 〃
Gills (15min,)	56	23	8	21
	114	65	14	70
Mantle (15min.)	50	10	18	25
	53	22	50	38

Table 3. Rate of accumulation of ^{45}Ca absorbed by the isolated tissues.

Time immersed (hrs) \ Tisssue isolated	Gills			Mantle			Other tissues		
	wt. in wet basis (g.)	cpm	cpm/g.	Wt. in wet basis (g.)	cpm	cpm/g.	Wt. in wet basis (g.)	cpm	cpm/g.
1	3.437	2,880	838	2.965	1,235	417	15.706	1,296	83
5	2.602	25,700	9,877	3.580	7,150	1,997	11.244	6,380	567
20	2.662	33,890	12,731	5.601	12,000	2,142	18.449	15,075	817

が鰓より，残りは外套膜，内臓等より吸収した Ca に由来すると考えられる。

次に貝体内における Ca の移動方法については Florkin *et al* [6] の指摘する如く，淡水産二枚貝の血液中の電解質濃度は外部環境水中のそれらの濃度と密接な関係があるので，イケチョウガイでも吸収された Ca の一部は血液に入り循環系により各器官に運ばれる可能性が強い。経口及び非経口的に投与された ^{45}Ca は Table 4 に示す如く， 投与後 5～10 分間で心臓血液中に出現した。この推定を更に確実にする目的でイケチョウガイの各器官に注射した ^{45}Ca が他の器官へ移動する量を測定し， ^{45}Ca の移動量と血液中の濃度との関係を検討した。

Table 4. Appearance of ^{45}Ca in the cardiac blood after the ^{45}Ca was injected in each tissue.

Tissue injected \ Time (min.)	^{45}Ca in the cardiac blood (cpm/ml.)				
	1	5	10	20	50
Mouth	0	0	18	41	56
〃	0	0	70	—	—
〃	—	40	160	—	—
Gills	0	—	117	—	185
Mantle	0	—	210	—	218
Foot	0	—	50	—	130

貝体内の Ca 移動が主に血液と共に運ばれるとすれば，器官間の^{45}Ca移動量と血液中のそれの濃度との間に量的関係が成立する可能性がある。各器官に投与された ^{45}Ca は他の器官へ移動，集積されると共に一部は貝体外に排出され，又貝体内の再移動も行われると考えられるので正確な移動量の計算は複雑であるが，本実験では投与当初，又は前回測定時に投与器官に含まれる ^{45}Ca 量より次の測定時に投与器官に残留する量を差引いた値が移動量を表わすと仮定して算出した（Table 5），この様な計算では再移動等の少い投与初期ほど正確な値が得易いので，投与後 0—30 分で比較すると，^{45}Ca の移動量と心臓血液 1ml 中のそれとの

Table 5. Distribution of ^{45}Ca in each tissue after the ^{45}Ca being injected in the tissue.

Time \ Tissue	Gills wet matter (g.)	Gills cpm	Mantle wet matter (g.)	Mantle cpm	Other tissues wet matter (g.)	Other tissues cpm	^{45}Ca transfered cpm	Blood* cpm
A), Injected in the gills								
0 min.		about 50,000		0		0	0	0
30 min.	3.289	40,750	5.123	2,593	13.119	4,569	about 9,250	185
1 hr.	2.621	30,824	5.189	5,887	13.199	9,338	9,926	574
20 hr.	1.933	18,165	5.558	5,054	8.958	5,398	12,659	881
B), Injected in the mantle								
0 min.		0		about 50,000		0	0	0
30 min.	3.156	2,506	7.550	40,770	18.876	4,600	about 9,230	218
1 hr.	2.767	8,150	6.439	21,830	17.868	11,826	18,940	509
20 hr.	1.835	16,164	4.972	9,734	10.471	8,832	12,096	700
C), Injected in the foot								
0 min.		0		0		about 50,000	0	0
30 min.	2.621	8,256	6.863	16,065	8.982	24,928	about26,072	1,150
1 hr.	2.995	26,615	8.461	15,444	11.155	7,200	17,728	924
20 hr.	1.961	17,048	4.471	5,238	8.969	2,347	4,853	554
D), Administrated via mouth								
0 min.		0		0		about 50,000	0	0
30 min.	3.005	16,680	5.255	3,887	12.333	26,750	about23,250	600
1 hr.	3.216	27,333	6.149	9,588	13.880	11,275	15,475	888
20 hr.	2.771	20,387	5.088	5,412	12.959	3,021	8,254	623

Remark ; * cpm per ml. of blood

比は鰓注射では 9,250 : 185 cpm，外套膜注射では 9,230 : 218 cpm，足注射では 26,072 : 1,150 cpm，消化管注入では 23,250 : 600 cpm で ^{45}Ca の移動量の多少に従って血液中の濃度は増減した。この結果より Ca の一部は血液と共に貝体内を移動し各器官に分布される可能性が強い。

尚各器官に強制投与された ^{45}Ca は比較的速に体内を移動してすべての器官に分布され約 1 時間でほぼ平衡に達する。この際外套膜を除くいづれの器官に投与しても貝体内 ^{45}Ca の 60—70% は鰓に集積され，次いで外套膜に多く，足，内臓等は最も少い。この ^{45}Ca の分布は貝が ^{45}Ca 液より経口及び非経口的にそれを吸収した場合とよく一致する。従って自然の状態において非経口的に吸収された Ca は鰓，外套膜では相当量が夫々の吸収器官にとどまるが，経口吸収された Ca は殆んど消化管附近にとどまらず，速に移動し，その一部は血液循環系に入り血液と共に体内を循環する間に大部分が鰓に，次いで外套膜に多く集積されると考えられる。

摘要

1) イケチョウガイの Ca 吸収器官と貝体内の Ca の移動と集積を明らかにするため，^{45}Ca を追跡子とし，2，3 の方法により各器官の ^{45}Ca 吸収，集積量と，貝体内の ^{45}Ca 移動量を測定した。

2) 貝は環境水中の ^{45}Ca を口を経て消化管より，又鰓，外套膜等の組織表面より吸収するが，いづれもCa の吸収方法として重要と推定される。

3) 非経口的に吸収，集積される Ca はその半量以上は鰓により，残りは外套膜等により吸収された Ca に由来すると計算した。

4) 貝体内の Ca 移動は血液循環系と密接な関係を有することを認めた。

終りに臨み，本研究に対し終始懇篤な御指導を賜った三宅正人教授，並に九州大学農学部富山哲夫教授に謹んで深謝の意を表する。

文　　献

1). 堀口吉重 : 本誌，**22**，747—751 (1957).

2). 富山哲夫 : 科学朝日，6月号，86 (1954).

3). 赤松幹彦 : "放射能影響の水産学的研究—IV",〔日本学術会議放射能影響調査特別委員会，水産班資料〕，147—162 (1954).

4). 市川龍資，檜山義夫 : 同上，122—129.

5). 吉井義一，渡部哲光，岡田弥一郎 : 本誌，**22**，240—243 (1956).

6). M. Florkin *et* G. Duchateau : *Phys. Comp. Oecol.*, **1**, 29—44 (1948).

7). J. H. Orton : *Nature*, **116**, 13 (1925).

8). P. Galssoff : *Ecol. Monog.*, **4**, 481—490 (1934).

9). D. L. Fox and W. R. Coe : *J. Exp. Zool.*, **93**, 205—249 (1943).

10). J. D. Robertson : *Biol. Rev.*, **16**, 106—133 (1941).

11). G. Bevelander and P. Benzer : *Biol. Bull.*, **94**, 176—183 (1948).

12). L. H.. Jodrey : *Biol. Bull.*, **104**, 398—407 (1953).

13). 田中正三，波多野博行，喜安林三，高木豊 : 日化，**76**，602—605 (1955).

14). 渡部哲光，吉井義一，岡田弥一郎 : 本誌，**23**，139—143 (1957).

The Mechanism of the Slime Formation on Sugared Kamaboko—1.

Hitoshi UCHIYAMA and Keishi AMANO

(Tokai Regional Fisheries Reseaich Laboratory)

It is well known that the fish jelly product is one of the most important manufactured marine products in this country, not only because the product can be manufactured by a simple process but because of the fact that a food such as fish jelly product is very suitable to eat for the Japanese. There are many kinds of fish jelly products, and the one called "Kamaboko" is a popular favorite of the nation. The process of manufacturing Kamaboko is generally described by KIMATA[1] (1951).

Now, if the Kamaboko is placed at room temperature for a couple of days, it will produce a transparent, slimy material on its surface as if it were sweating; and this slimy material is called "Neto".

The experimental work of early days has indicated that this "Neto" may be made of bacterial colonies. KIMURA[2] (1935), for instance, stated that some sort of bacteria might be related to the formation of the "Neto", and that this type of spoilage was retarded to some extent by dipping the Kamaboko into a hydrogen peroxide solution (3%) for a short time immediately after it had been steamed. Although the use of hydrogen peroxide solution is tried quite often in manufacturing the Kamaboko, it has not entirely succeeded in realizing the expected result. The main purpose of the process is to bleach the surface of Kamaboko in order to improve the appearence of the product.

KIMATA (1951) examined the spoilage of the sugared Kamaboko, and submitted a report on the dominant bacteria which were related to the spoilage. His report shows that in most cases the cocci such as *Streptococcus*, *Leuconostoc* and *Micrococcus*, which produce acid out of sugar, making the causes of the spoilage. On the other hand, however, KIMATA[3] (1951) demonstrates in his another report an experiment on the bacteria in non-sugared Kamaboko, and indicates that the spoilage is affected mainly by *Micrococcus*, *Serratia*, *Flavobacterium* and *Achromobacter*, which are all very active in decomposition of the protein. In other word, the pattern of spoilage depends on whether or not the sugar is added to the ground meat. The chemical change during the process of spoilage was studied by SHIMIZU[4] (1935)who reported that the product containing sucrose increased in total acidity during spoilage and decreased in pH value without any change in ammonia quantity when the Kamaboko was incubated at 20°C for four days. According to KIMATA's experiment, however, the Kamaboko without sucrose produces a large amount of ammonia under the same condition.

In spite of the fact that there are a number of reports on the bacterial subjects, there

Received Sept. 30, 1957
Contiibution B No. 274 from the Tokai Regional Fisheries Research Laboratory.
Read before the meeting of the Japanese Society of Scientific Fisheries on Apr. 6, 1956.

has been almost none reporting on mechanism of slime formation.

In this report, are reported the results of studies of the chemical properties and of the precursor of slime when the sugared Kamaboko are spoiled.

Materials and Methods

Kamaboko.

The Kamaboko used in the experiments are manufactured from the white meat fish such as *Nibea argentata* (HOUTTUYN) and *Pseudosciaena manchurica* (JORDAN & THOMPSON) at a Kamaboko factory in Odawara. After these fish are beheaded, viscerated and split, the meat is minced by machine, and immersed in water for a short time to remove fat and coloring matter in the meat as well as nitrogen base which has been produced with decrease in freshness of fish. This bleaching process, called "Mizusarashi", is usually repeated three or four times. The refined meat is ground in a grinding machine with some salt and seasoning matters such as sodium glutamate and "Mirin", a kind of wine. Then, sucrose is added about 7 percent of this ground meat.

If the nature of fish meat is not sufficiently qualified to give the desired physical properties, elasticity and etc. to the product, the meat is ground with a small addition of potato starch. In this experiment, however, no starch is added to the ground meat. The meat paste is molded on a piece of wooden plate and is cooked for forty-five minutes at 80°C in a steaming box.

After the manufactured Kamaboko is taken off from the wooden plate and minced roughly by a chopper, it is transferred to one liter of sterilized flask stoppled with a cotton plug. Incubation is at 25°C.

Analytical procedure of sugar.

After a certain period of incubation, 10 grams of sample, in order to analyze the sucrose and reducing sugar, is extracted with 50 ml of hot water. After centrifugation the supernatant is decanted off into an evaporating dish. The extraction is repeated four times. After the extract is evaporated up to about 50 ml, it is deproteinized with 20 percent sodium tungstate solution and filtered. The reducing sugar is assayed directly in the filtrate with the reagent of BERTRAND. The sucrose is determined after it is hydrolyzed with dilute HCl solution for twenty-four hours at 25°C and is calculated from the invert sugar.

Isolation and purification of slime.

The slime formed on the Kamaboko is extracted with hot water and centrifuged. Methanol is added to the supernatant up to 20 percent concentration. To remove the bacterial cell and Kamaboko debris, the methanol-extract mixture is centrifuged again, and the concentration of methanol is finally adjusted to 50 percent in order to isolate the slime from the methanol-extract mixture by centrifuge. By repeating this procedure three times, the slime is purified as translucent, white mass and is dried up in a vacuum desiccator. The quantity of slime is assayed as glucose after it is hydrolyzed with 1 N sulfuric acid for seven hours in a oil bath at 120—130°C.

Lactic acid.

Lactic acid is determined by FRIDEMANN's method after both protein and reducing sugar

in the water extract of the sample are removed with trichloroacetic acid and copper sulfate, respectively.

pH *value.*

The pH value is determined by Tepe G Beckman pH meter.

Results

The results of experiments are given in Figure 1 and Tables 1 and 2. They are summarized as follows.

(1) **Fate of sucrose during incubation.**

As shown in Figure 1, the sucrose in the Kamaboko is decreased from approx. 7 percent to 2.5 percent in 2-day incubation at 23~25°C. At the same time, pH value is also decreased from 6.7 to 5.2 in accordance with sucrose degradation, and the transparent slime is produced on the surface of this ground Kamaboko. This slime is found to be of a certain acid nature to Litmus paper as KIMATA (1951) pointed out in his report.

Reducing sugar, on the other hand, is increased in quantity with the sucrose degradation, but in 5-day incubation, both reducing sugar and sucrose are not detected in the same sample. However, it is noted that a certain carbohydrate polymer is produced in 2-day incubation. From the viewpoint of this fact, the spoilage pattern of this Kamaboko seems to be a certain polymeric decomposition as proved afterwards.

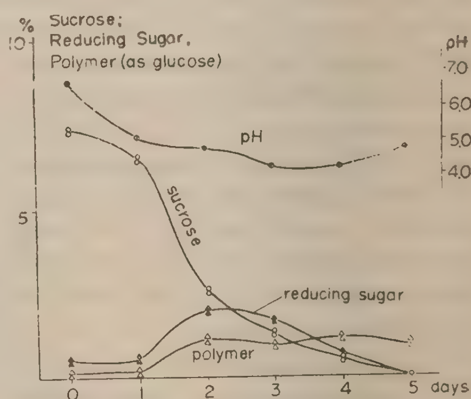


Fig. 1. Fate of sucrose in Kamaboko during incubation. Temp. 23—25°C

(2) **Properties of the slime.**

As mentioned above, the slime is purified by the alcoholic precipitation method. This dried material has the properties as shown in Table 1. It is soluble in hot water to form slimy solution, but is not soluble in aceton, pyridine, ethanol and chloral solution, and does not show the iodine reaction. The reagent of FEHLING is not reduced by this slimy solution itself, but is strongly reduced after HCl-hydrolysis. The SELIWANOFF's reaction and scatol reaction for fructose are proved to be negative.

From these results, the slime is considered as a dextran which is glucose polymer and given rise to from sucrose syrups and fermenting vegetable as well as from daily products when acted by chain-forming cocci which are classified as species of *Leuconostoc mesenteroides* and *Leuconostoc dextranicum.*

When *L. mesenteroides* is isolated from a sugared Kamaboko and allowed to act upon the sterilized sugared Kamaboko, for example, the sugar concentration of Kamaboko is rapidly reduced in 3-day incubation at 25°C to a level at which it is no longer detectable. And naturally, transparent slime is nevertheless produced on the surface. This

Table 1. Properties of slimy polymer isolated from spoiled sugared Kamaboko.
(in 2-day incubation)

Item of detection	Slimy polymer of Kamaboko	Native* dextran	Slimy polymer of *L. mesent-roidese* **
Colour	white-grey	white-grey	white-grey
Cold water	swell	swell	swell
Hot water	sol.	sol.	sol.
Ethanol	Insol.	Insol.	Insol.
Aceton	Insol.	Insol.	Insol.
Pyridine	Insol.	Insol.	Insol.
Chloral (33%)	Insol.	Insol.	Insol.
Iodine reaction	−	−	−
Reduction of FEHLING's Son. (Polymer)	−	−	−
Reduction of Fehling's Soln. (hydrolyzate)	++	++	++
SELIWANOFF's reaction***	−	−	−
Scatol reaction***	−	−	−

* This dextran is used as the substitute blood plasma.
** The culture is carried out on sterilized sugared Kamaboko.
*** For fructose detection.

slime, as listed in Table 1, has quite similar properties to the slime produced when the marketable sugared Kamaboko is spoiled as mentioned above.

(3) Effects of various kinds of sugar on the transparent, acidic slime formation.

It has been well established that dextran is synthesized only from disaccharide or trisaccharide such as sucrose or raffinose. Therefore, if transparent, acidic slime is dextran itself, the kind of the sugar added to ground meat will hold the key to the slime formation. To confirm this matter, the various kinds of sugar, including polysaccharide, as listed in

Table 2. The transparent acidic slime formation under the effect of various kinds of sugar added in the ground meat. (at 22—25°C in 2-day incubation)

	Slime	pH	Lactic acid mg %	Remark
Glucose	−	5.84	41.8	−
Fructose	−	5.90	51.9	−
Maltose	++	5.45	104.0	transparent, acidic slime
Sucrose	++	5.49	110.1	transparent, acidic slime
Raffinose	++	5.55	85.8	transparent, acidic slime
Galactose	−	6.19	69.5	−
Arabinose	−	6.42	58.0	−
Inuline	−	6.67	61.4	−
Potato starch	−	6.16	66.2	−
α-Starch	−	6.39	69.5	−
Control*	−	7.18	39.8	−

* Ground meat paste only

Table 2, are added in place of sucrose to portion of the ground meat, and Kamabokos are usually manufactured from these meat pastes and incubated at 25°C.

As shown in Table 2, transparent and acidic slime is produced when Kamaboko contains disaccharide or trisaccharide, and lactic acid too is produced to a higher level than in the case of monosaccharide addition. The pH value is dependent upon the lactic acid formation.

Discussion

The present studies have affirmatively shown that the sucrose in a Kamaboko under incubation decreases rapidly, while reducing sugar rather increases to some extent, and also that a certain carbohydrate polymer is produced when the conversion of sucrose into reducing sugar is performed by bacterial contaminator in the sugared Kamaboko. Consequently, at the end of the incubation period, sucrose concentration becomes extremely low. The simplest and most successful explanation of this results seems to be that the reaction is a polymeric decomposition as shown in Figure 1. And a striking similarity is found between this carbohydrate polymer and pure dextran which is used as substitute blood plasma as listed in Table 1.

The synthesis of dextran is said to be facilitated by a bacterial enzyme which is called dextransucrase and classified as transglycosidase. This reaction can be represented as follows.

$$n\,C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow (C_6H_{10}O_5)_n + n\,C_6H_{12}O_6$$

Sucrose Dextran Fructose

FORSYTH[5] (1948) demonstrate that when media containing sucrose and other materials are incubated with strains of L. mesenteroides, copious yields of dextran result in and the reducing sugar then formed is proved by a paper chromatography to be fructose. Therefore, if polymeric decomposition is proceeding in the Kamaboko, it will be possible to see that the formed reducing sugar is mainly fructose which is converted from the sucrose. However, GIGLIO[6] (1953) reported, on the other hand, that the levels of the reducing sugar, the fructose, formed in such a way revealed a marked difference according to the strains of *Leuconostoc* genera. In some strain the fructose is maintained at a nearly constant value, while in another strain it is at a peak at the beginning of incubation and then declines rapidly towards a low level. Further, the conversion of fructose into mannitol becomes apparent when a considerable amount of fructose has accumulated in the medium. The sort of contamination bacteria in the Kamaboko are not of the same flora, and consequently the formed reducing sugar may be attacked by some bacteria other than *Leuconostoc* genera. However, the further experimental work is needed in this field in connection with bacteial flora and with possibility of mannitol production in sugared Kamaboko.

HEHRE[7] (1941), by using various kinds of sugar as the substrate, has made a comparative study of the dextran synthesis. He has proved that lactose, maltose, galactose, fructose, glucose, and a mixture of glucose and fructose can hardly be the substrate in the dextran synthesis, but sucrose can be the one. And in another report[8,9] (1943), he has shown that D-glucose-1-phosphate is not an intermediate in the formation of dextran from

sucrose, and that the dextransucrase requires no phosphoryrated sugar.

BARKER[10] (1951), in his review on the bacterial polysaccharide, described that only anhydro sugar unites can be utilized for the synthesis of new glycosidic bonds. In non-reducing disaccharide like sucrose, both sugar units satisfy this condition. Therefore, both moieties can furnish units for polysaccharide synthesis. In other word, sucrose can be converted to both dextran and levan.

In this connection, it has been noted that when disaccharide or trisaccharide is added a larger amount of slimy polymer is produced on the sugared Kamaboko than in the case of monosaccharide. This slime is also considered to have some relation to "Neto" of the sugared Kamaboko.

On the other hand, KIMATA (1951), as mentioned above, isolated *Leuconostoc mesenteroides* from a slime-spoilage Kamaboko. And the authors, too, isolated the same species as KIMATA did. When a transparent slime is produced sporadically on the surface of a sugared Kamaboko, several of the slimy colonies were picked up with a platinum loop. They were then put into sucrose media, and incubated aerobically in Petri dishes at 25°C. From all the colonies grown in such a way, Leuconostoc genera were always isolated and peculiar slimy colonies of *Leuconostoc* were produced on the surface of the media. As to bacterial matter, it will be described in the next paper.

The formation of the transparent slime from a Kamaboko containing raffinose seems to be undoubtedly effected through the hydrolytic convertion of this trisaccharide to sucrose and galactose. However, the slime of the maltose listed in Table 2 is not dextran.

Acknowledgements

The authors would like to express their cordial thanks to Mr. Tsuneo KOBAYASHI of the Tokyo University and to Mr. Hikaru SHINODA of the Nagoya Sugar Manufacturing Company for their encouragement and assistance. Upon submitting this report, the authors also feel more than grateful to Dr. Masao MIGITA who gave invaluable helps in correction of the manuscript, making a review on it.

Summary

When sugared Kamaboko is incubated for a couple of days at 25°C, the sucrose decreases rapidly, but the reducing sugar increases rather to some extent. At the end of incubation period, the sucrose and reducing sugar concentrations become extremely low. As reducing sugar increases, some slimy carbohydrate polymer are produced on the surface of Kamaboko. This reaction is considered as a polymeric decomposition. The slime shows an acid reaction to Litmus paper. The isolated slime, purified several times by alcoholic precipitation, does not reduce FEHLING's solution, but its hydrolyzate with HCl does so strongly. Furthermore, a striking similality is found between this polymer and pure dextran which is used as substitute blood plasma. From these facts, it is natural that the transparent, acid-nature slime is produced more abundantly by adding dissaccharide than by adding monosaccharide, certainly because of the fact that anhydro sugar units can only be utilized

for the synthesis of new glycosidic bonds. The dextran seems to be fairly related to the slime or "Neto" of the sugared Kamaboko.

References

1) M. Kimata: Memoire of the College of Agriculture, Kyoto University, 59, 68—81 (1951).
2) K. Kimura: "Suisan Seizo Zenshio" (Technology of Fisheries) (1935), Vol. 1, pp. 471.
3) M. Kimata: Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries, 16, 12 46—49 (1951).
4) W. Shimizu: Suisan Seizo Kaishi (Jour. Soc. Indust. Fish.), 3, 217 (1935).
5) W. G. C. Forsyth: Nature, 162, 150 (1948).
6) D. M. Giglio: Journal of Bacteriology, 65, 75—78 (1953).
7) E. J. Hehre: Science, 93, 2410 (1941).
8) E. J. Hehre: Pro. Soc. Fxptle. Biol. Med., 54, 204 (1943).
9) H. Taylor and H. Hibbert: Bacterial Polysaccharide, Advances in Carbohydrate Chemistry, 2, 203—233 (1946).
10) H. A. Barker: "Degradation and Synthesis of Complex Carbohydrate", in C. H. Werkman and P. W. Wilson (ed.), "Bacterial Physiology" (1951) pp. 513—544 (Academic Press, New York).

放射能汚染魚類の放射性物質—IV.
分属分析による汚染メバチの放射性物質の分析

白 井 和 雄
（東京大学農学部）

Studies of the Radioactive Materials in the Radiologically Contaminated Fishes—IV. Group Separation Analysis of the Radioelements in a Contaminated Big-eyed Tuna, *Parathunnus mebachi*.

Kazuo SHIRAI*

In the previous papers on the radioelements in skipjacks,[1)2)] the identification of Cd^{113m} as a main contaminant and the presence of Zn^{65}, Fe^{55} and a trace of Ba^{140}–La^{140} were reported.

The present paper deals with a contaminated big-eyed tuna, *Parathunnus mebachi*, caught at a station (12°17′ N, 167°04′ E) in the Pacific Ocean on Oct. 20, 1956. Data on the specimen are given in Table 1 and the radioactivity of tissues and organs is shown in Fig. 1.

The ashes of liver, pyrolic caeca, kidney, red muscle and ordinary muscle were fractionated by the group separation method using carriers and the considerable amount of radioactivity was found in Group II (Table 2).

Radioactive elements contained in Group II were proved to be mostly composed of Cd^{113m} and Cd^{115m} by the further fractionation (Fig. 2). The existence of these nuclides was confirmed by the half lives of Cd fractions (57～71 days when estimated directly and 43～44 days when traversed with 263.9 mg/cm² Al absorber), energy of β-ray (1.6 Mev) calculated from absorption curves (Fig. 3) and energy of γ-ray (1.1 Mev).

Group IIIB and IV obtained from the liver, pyrolic caeca and kidney were supposed to be chiefly consisting of Zn^{65} and Sr^{90}–Y^{90} respectively, judging from the decay and energy of β-ray, measured on the unrefined fractions (Fig. 6, 7). Member of Group IIIA were not thoroughly examined in spite of higher activity due to the disturbance of phosphate.

Further confirmation of these nuclides will be dealed in the following papers.

昭和 31 年6月俊鶻丸がエニエトク環礁西方海域の放射能汚染調査を行つた。その際採取した各種試料の中筆者等が分担したカツオ二尾の分析結果は既に報告[1)2)]した如く，肝臓，腎臓，幽門垂に放射能が強く，その中の放射性核種の主なるものは，Cd^{113m} であつてその他 Zn^{65}，Fe^{55} 及び少量の Ba^{140}—La^{140} が検出された。Zn^{65} 及び Fe^{55} は昭和 29 年の汚染調査の際にも見出されている[3)–6)]が Cd^{113m} 及び Ba^{140}—La^{140} はこれが始めての発見であつた。しかしながら此等のカツオは汚染の程度が比較的弱いものであつた。これは漁獲位置が核爆発実験の爆心地であるエニエトク環礁より 300 浬距つた所であり又時期的にも一連の爆発実験の途中であつたため多量の放射性物質を含む汚染海流の主流が未だ到達していなかつたことによるものとも考えられる。

その後昭和 31 年 11 月厚生省より，ビキニ環礁東方 80 浬の爆心地に近い海上で漁獲された放射能汚染メバチを分与された。本メバチは上記俊鶻丸のカツオに比して強く汚染されて居り，又魚体が大きい為に十分な分析試料が得られ肝臓幽門垂については担体分属及びイオン交換樹脂による分析の両方を，腎臓，血合

1957 年 9 月 30 日受理
* The Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

肉及び普通肉についても分属分析を行うことが出来た。その結果先に俊鶻丸試料（カツオ）より発見された Cd^{113m} の他に Cd^{115m} の存在することも明かとなり，又従来は存在するとしても極く微量であるとされていた Sr^{90}—Y^{90} が確認されるに至つた。尚 Zn^{65} 及び Fe^{55} が存在することは前回と同様であつた。

以上の分析結果の中本報告に於ては分属分析に関して述べ，イオン交換樹脂による分析は続報で報告する。

試　　料

試料メバチは水産庁調査船昭洋丸が昭和 31 年 10 月 26 日，北緯 12°17′，東経 167°04′ に於て採取したもので体長 1.18 m，主なる内臓の重量は Table 1 に示す通りであつた。同年 12 月 6 日に GM 管を 5 cm の距離に近づけ表面サーベーを行つた結果，魚体中央部，腹部及び鰓蓋は夫々 191，183，及び 256 cpm で，内臓（腹部を開いて露出させた）は 338 cpm であつた。又生組織各々 1 g を乾燥して測定した放射能の強さは Fig. 1 に示す。

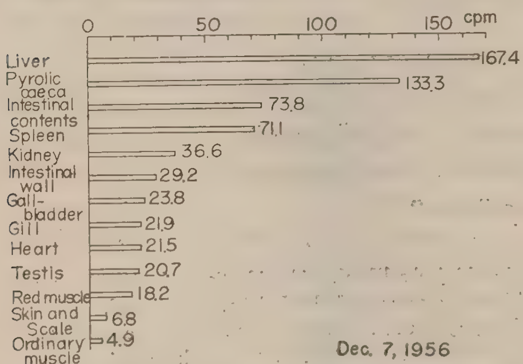


Fig. 1. Radioactivity of tissues from *Parathunnus mebachi* (cpm estimated on the dry material of 1 g of raw tissues).

Table 1. Notes on the specimen.

Parathunnus mabachi (male), Body length: 1.18 m, Lat. 12°17′ N, Long. 167°04′ E, Coll. SHŌYŌ-MARU, Date: Oct. 26, 1956, Wet weight (g)

Liver	265
Pyrolic caeca	350
Stomach (with contents)	407
Kidney	155

放　射　能　の　測　定

放射能の測定には科研 32 型 GM カウンター（GM 管のマイカの厚さ 3.5 mg/cm²）を用いた。尚このカウンターでは Sr^{90} として（Y^{90} は除いた数値）1.1×10^{4} dpm の標準試料を測定すれば 3200 cpm の計数値が得られる。

又本報文中に引用した各種放射性核種の半減期及びエネルギーに関する文献値は木村健二郎編放射線データーブックによつた。

分　析　及　び　結　果

分析試料は各組織を電気炉中で 500—550°C で灰化後塩酸で処理したもので，担体を用いる分属分析の方法は第Ⅱ報[1] の通りである。肝臓，幽門垂，腎臓，血合肉及び普通肉の試料灰の放射能の強さと半減期，分析に使つた量及び分析結果は Table 2 に示す如くである。組織の種類により放射能の各属えの分布は可成りの相違が見られ，肝臓及び幽門垂ではⅡ属が，腎臓，血合肉及び普通肉に於てはⅢ属Aが著しく多かつた。

Ⅱ属　比較的多量に放射能の集つたⅡ属について更に各元素の分離を行つた。即ち新に沈澱させた肝臓，幽門垂のⅡ属及び Table 2 に示した腎臓のⅡ属を第Ⅲ報[2] とほぼ同様な方法で分析した。但し今回は Fig. 2 中括弧でかこむスカベンヂングの操作を新に加えた。

分離の結果 Table 3 の如く，Ⅱ属の放射能の大部分は Cd 劃分に集り他の劃分に行く量は少かつた。

これら各々の Cd 劃分のアルミニウム吸収曲線は Fig. 3 に示す如く何れも同じ傾きを有し，米国 Oak Ridge National Laboratory より購入せる Cd^{115m} の吸収曲線のそれとよく一致する。これら吸収曲線より算出せる β 線のエネルギーは 1.6 Mev である（Cd^{115m}，β: 1.61 Mev）。又これら Cd 劃分は弱い γ 線を出すが，幽門垂よりの Cd 劃分について積分型シンチレーションカウンターを用いて測定した γ 線のエネ

Table 2. Radioactivity of groups separated from the ashes by the group separation method using carriers.

	ash			Radioactivity of each group (cpm)						Date of analysis
	cpm/200 mg	Half life	Wt. used for analysis	I	II	III A	III B	IV	V	
Liver	1384.1 Jan. 10, 1957	70 d. Dec. 1956~ (Feb. 1957)	0.08 g	6.6 (1%)	403.1 (54%)	13.0 (2%)	110.1 (15%)	215.7 (29%)	4.4 (1%)	Jan. 12~15, 1957
Pyrolic caeca	914.4 Jan. 10, 1957	50 d. Dec. 1956~ (Feb. 1957)	0.15 g	6.3 (1%)	536.1 (71%)	50.8 (7%)	84.8 (11%)	68.7 (9%)	5.6 (1%)	
Kidney	190.2 May 9, 1957	300 d. (May 1957~)	1.2 g	2.5	191.3 (10%)	960.5 (49%)	550.1 (28%)	221.9 (11%)	26.8 (1%)	May 11~14, 1957
Red muscle	111.3 Mar. 19, 1957	long	0.5 g	1.7	4.3 (1%)	285.0 (75%)	31.1 (8%)	46.2 (12%)	13.8 (4%)	Apr. 2~10, 1957
Ordinary muscle	24.9 Mar. 19, 1957	long	3.0 g	5.3 (1%)	10.0 (2%)	394.4 (81%)	31.2 (6%)	10.6 (2%)	37.8 (8%)	Apr. 2~12, 1957

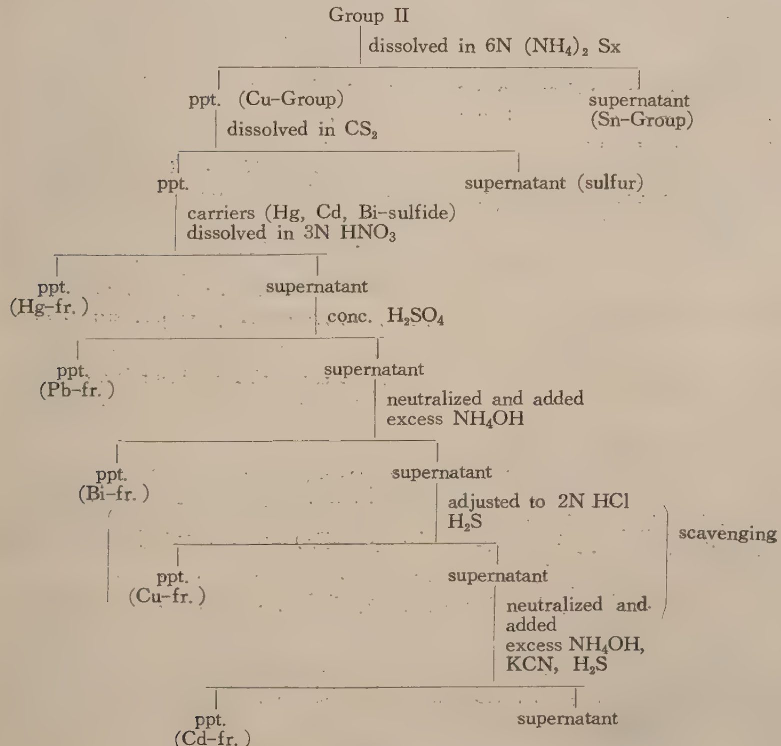


Fig. 2. Separation method of Cd.

Table 3. Radioactivity of the Group II and the final Cd fractions, isolated by the group separation method.

	weight and total activity of the starting ashes	Group II cpm	Cd fraction cpm
Pyrolic caeca	1.3 g, 5400 cpm (Jan. 19)	3663.2 (Jan. 21)	3001.7 (Jan. 24)
Liver	1.0 g, 4500 cpm (Feb. 28)	2580.1 (Mar. 1)	2060.0 (Mar. 2)
Kidney	1.2 g, 1140 cpm (May 9)	191.3 (May 11)	115.5 (May 23)

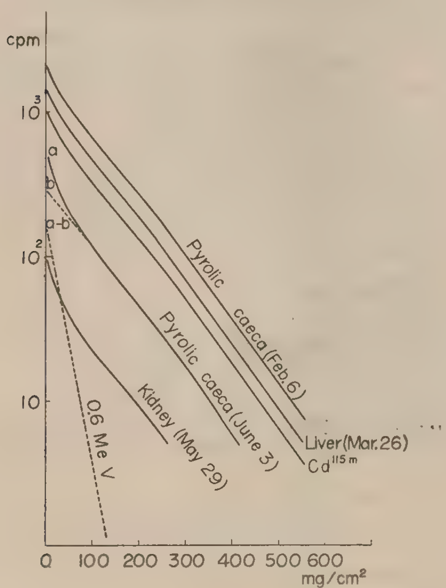


Fig. 3. Aluminium absorption curves of Cd fractions.

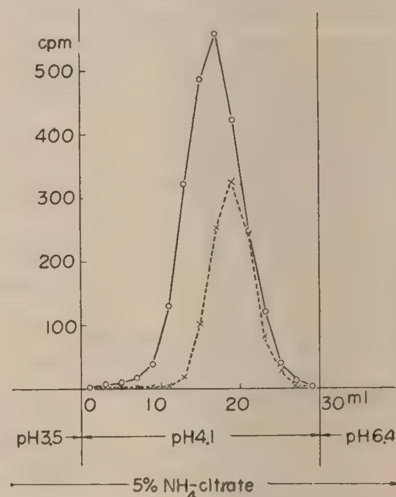


Fig. 4. Elution curves of Cd fraction separated from pyrolic cae ca (—O—O—) and Cd^{115m} (···×···×···)
Ion exchange resine : Dowex 50X 8 (100−200 mesh), Column : 0,8×8cm

ルギーは 1.1 Mev であつた (Cd^{115m}, γ: 1.28 Mev)。

半減期は何れも昭和 32 年1月より3月（以下特に記載なき時はすべて昭和 32 年とする）迄の期間に於ては 51 日，4月より7月迄の期間に於ては 71 日で次第に長くなる傾向であるが，263.9 mg/cm² のアルミニウム吸収板を挿入し β 線の軟成分（この場合では 0.73 Mev 以下）をさえぎつての測定では各臓器何れの Cd 割分も両期間を通じ 43〜44 日であつた (Cd^{115m}, 半減期：43 日).

又別に幽門垂試料灰より上と同様に分離して得た Cd 割分を 0.2 N HCl に溶解し陽イオン交換樹脂 (Dowex 50X 8, 100−200 メッシュ, 樹脂柱 0.8×8 cm) に吸着させ，次いで 0.5% 修酸，5% クエン酸アンモニウムの pH 3.0, 3.5, 4.1, 6.4 の緩衝溶液各々 30 ml を流して溶離させたが，Fig. 4 に示す如く pH 4.1 に単一なピークを示すのみで他に放射性物質の溶出は認められず，又樹脂層にも残留しなかつた。更に樹脂層通過の前後に於て吸収曲線及び半減期に変化は見られなかつた。尚 pH 4.1 にピークが出ることは Oak Ridge National Laboratory の Cd^{115m} を用いての実験と全く一致する。

試料の Cd 割分の溶離曲線が唯一つのピークのみを pH 4.1 に示すことから，この割分中に在るのは Cd だけであると考えてよいが，先にも記した様に半減期が長くなることよりいくつかの Cd 同位体の混在が予想出来る。その中の硬成分は，上記の如く吸収曲線並びに β 線のエネルギー，γ 線を放射すること及びそのエネルギー，軟成分をおさえて測定した半減期より明かに Cd^{115m} である。

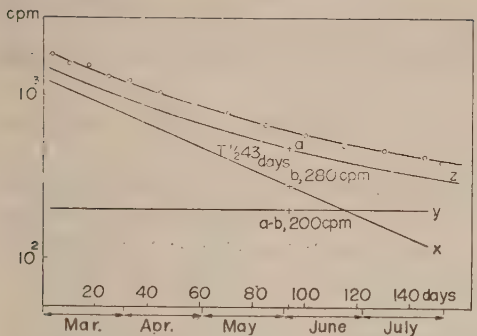


Fig. 5. Observed decay of Cd fraction from the pyrolic caeca (—○—○—) and estimated decay curves of Cd^{115m} and Cd^{113m} from the Al absorption curve (x…Cd^{115m}, y…Cd^{113m}, $z=x+y$).

Table 4. Content of radioactive Cd(μc) in 100 g of wet tisuue.

	radioactive Cd
Pyrolic caeca	0.015
Liver	0.011
Kidney	0.003

又 Cd の他の核種に関しては吸収板を挿入しない場合半減期は 51～71 日であり，挿入した場合 43～44日であることから軟成分の半減期は挿入しない場合の最長 71 日より長いことが分る。そして時日の経過と共に半減期の短い硬成分の方 (Cd^{115m}) が先に減衰し半減期の長い軟成分が存在比を増して行くために吸収板を用いずに測定した場合全体として次第に半減期が長くなるのである。このことは同一 Cd 割分，例えば幽門垂より分離した Cd 割分について日数をおいて測定した二つの吸収曲線 (Fig. 3, Pyrolic caeca (Feb. 6) と (June 3)) を比較しても明かである。即ち日数が経つに従つて吸収曲線の長飛程の部分が著るしく下り，短飛程の部分は左程下らないために明瞭に現れてくる。この吸収曲線の屈曲部を常法により外挿し，得られた軟成分の吸収曲線より算出した β 線のエネルギーは 0.6 Mev で Cd^{113m} に一致する (Cd^{113m}: 0.57 Mev)。

又上記の通り吸収曲線を外挿することにより，この Cd 割分の放射能の中 Cd^{115m} のカウント数は 280 cpm，軟成分のそれは 200 cpm であることが分る。この 280 cpm を基にして一方は半減期 43 日の直線を他は 200 cpm を基にして減衰のない直線（軟成分が Cd^{113m} すれば半減期は 5.1 年，従つて近似的には減衰しないと考えてもよい）を画き，これら二つの直線の合成によつて得られる両者混合物の減衰を表す

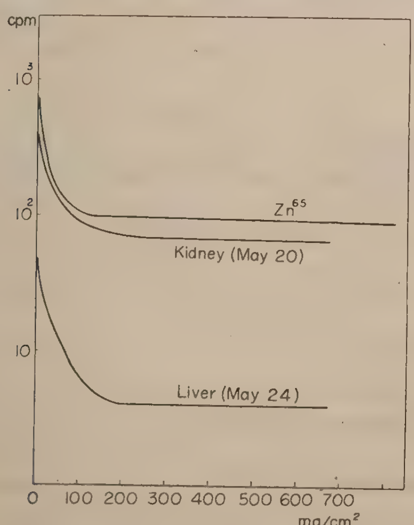


Fig. 6. Aluminium absoroption curves of Group ⅡB.

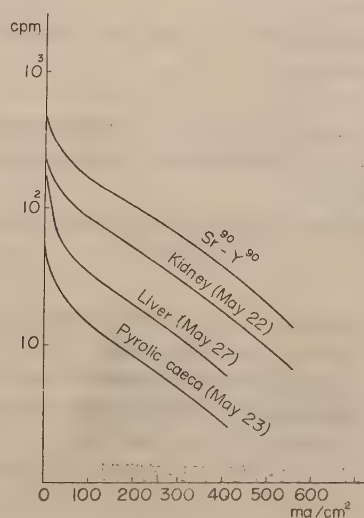


Fig. 7. Aluminium absorption curves of Group Ⅳ.

曲線はほぼ実測値の半減期に一致した (Fig. 5)*。依つてこの軟成分は Cd^{113m} であることは間違いない処である。肝臓及び腎臓からの Cd 劃分についても同様 Cd^{113m} の存在が認められた。

以上の化学的及び物理的性質より此等幽門垂，肝臓及び腎臓より分離した Cd 劃分は Cd^{115m} 及び Cd^{113m} の混合物であることが確認された。

尚生組織よりの灰の収率，分析に使用した試料灰の量と Cd 劃分の放射能の強さより算出して生組織 100 g 中に含まれる放射性 Cd の量は Table 4 の如くである。

Ⅲ属A Ⅲ属Aには可成りの放射能が集り，特に腎臓，血合肉，普通肉に於てその傾向著るしく本劃分中に含まれる放射性核種の決定乃至推定は重要である。しかしながら本劃分には試料灰中に多量に含まれる燐酸が共沈して来るために個々の金属の分離が容易でない。Ⅲ属Aに含まれる放射性元素として鉄，稀元素等が予想されるが，これらはイオン交換樹脂による分析の方が比較的簡単であり，且正確を期すことが出来る。依つてこれら元素の検出は続報イオン交換樹脂による分析で検討することとした。

Ⅲ属B Table 2 のⅢ属Bの中比較的放射能の強い腎臓及び肝臓よりの劃分について精製を行わずそのまま測定したアルミニウム吸収曲線は Fig. 6 の如くで，これらは Zn^{65} の吸収曲線に似て居り，又半減期は現在迄の測定から外挿して約 200 日でこれも Zn^{65} の 245 日に近い。又 Nuclear-Chicago Model 183 DS—1 シンチレーションカウンターによる γ 線測定では腎臓及び肝臓よりの本劃分は夫々 218.5 cpm (5 月 21 日測定) 及び 27.1 cpm (1 月 18 日測定) であつた。別に Zn^{65} を科研 32 型 GM カウンター及び上記シンチレーションカウンターで測定した計数値は夫々 1325 cpm 及び 949 cpm で，それに比べれば本Ⅲ属B劃分は何れもやゝ γ 線が弱いが，これは未精製のため他の γ 線のない放射性物質が混在するためであろう。しかしながら吸収曲線及び半減期より，比等Ⅲ属B中の主成分が Zn^{65} であることはほぼ確実である。

尚生組織より灰の収量及び分属分析の結果より換算して生組織 100 g 中に含まれる Zn^{65} は腎臓及び肝臓に於て夫々 0.02 μc 及び 0.05 μc 以下である。

Ⅳ属 Ⅲ属Bと同様腎臓，肝臓及び幽門垂よりのⅣ属につき未精製のまま測定して Fig. 7 の如き吸収曲線を得たが，それらは何れも Sr^{90}—Y^{90} と極めてよく似ている。又これらⅣ属の放射能の減衰は非常に僅かで従つて外挿により半減期を求めることは出来ないが，担当の長年月であることが予想される。これらのことよりⅣ属の大部分が Sr^{90}—Y^{90} であることはほぼ確実である。この Sr^{90}—Y^{90} はイオン交換樹脂による分析に於ては夫々 Sr^{90} 及び Y^{90} として別々に分離確認せられ分属分析の結果を裏付けて居るが，その詳細は続報に記す。

尚前と同様計算により生組織 100 g 中の Sr^{90} (Y^{90} は除く) は腎臓 0.0003 μc，肝臓 0.0062 μc 及び幽門垂 0.0012 μc 以下である。

終りに臨み終始御指導を賜つた森高次郎教授に深甚の謝意を表す。

又 γ 線エネルギー測定に際し科学研究所山崎研究室岡野真治氏に種々御教示を戴いた。ここに記して謝意を表する。

尚本研究は文部省科学研究費（総合）及び厚生省研究費により行われた研究の一部である。

文　　献

1) 佐伯誠道・白井和雄・大野駿・森高次郎 ：本誌 **22** (10), 645 (1957).
2) 白井和雄・佐伯誠道・大野駿 ：本誌 **22** (10), 651 (1957).
3) 佐伯誠道・岡野真治・森高次郎 ：本誌 **20** (10), 902 (1955).
4) 山田金次郎・戸沢晴己・天野慶之・高瀬明 ：本誌 **20**, 916, 921 (1955).
5) 河端俊治 ：Jap. Med. Sci. Biol., **8**, 359 (1955).
6) 天野慶之・戸沢晴己・高瀬明 ：本誌 **21** (12), 1261 (1956).

* 図に於て実測値の曲線の方が高いのは，半減期測定には GM 管より 1 cm の段に於て測定し，吸収曲線測定には 2 cm の段に於て測定するためである。

放射能汚染魚の放射性物質—V. イオン交換樹脂による汚染メバチ“肝臓”の放射性物質の分析*

佐伯誠道**
(東京大学農学部)

Studies on the Radioactive Materials in the Radiologically Contaminated Fishes—V. Column Chromatography of the Radioelements in the Liver of a Big-eyed Tuna, *Parathunnus mebachi*, with an Ionexchange Resin.

Masamichi SAIKI

The radioactive elements in the liver of the same big-eyed tuna, reported in the previous paper, have been fractionated with an ionexchange resin (Dowex 50 X 8).

In the liver, Mn^{54}, Sr^{90} and Y^{90} were confirmed together with the formerly identified nuclides [1-3], such as Zn^{65}, $Fe^{55,59}$, $Cd^{113m,115m}$, Ba^{140} and La^{140} (Fig. 1—9). A new nuclide, Mn^{54}, has never been recognized as a radioactive contaminant resulting from the atomic bomb tests. The confirmation of Sr^{90} was also carried out by the group separation method using carriers.

The quantity of radioactive nuclides in 100 g of the liver was calculated as follows: Fe^{55} (Fe^{59}) 0.5 μc, Zn^{65} 0.05 μc, Cd^{115m} (Cd^{113m}) 0.012 μc, Mn^{54} 0.0022 μc, Sr^{90} 0.002 μc, Y^{90} 0.002 μc and Ba^{140} and La^{140} trace (Tab. 1). A special attention should be paid for the presence and amount of Sr^{90} among these nuclides detected, judging from the maximum permissible dose given by the International Commission on Radiological Protection in 1954.

緒　　言

前報[1]に報じた放射能汚染メバチの肝臓について，主としてイオン交換樹脂を用いて放射化学的分析を行つた。前報において白井[1]は担体を用いる分属法により，本メバチ肝臓中に Cd^{113m}，Cd^{115m}，Zn^{65} の存在を確認し，また Sr^{90}，Y^{90} の存在を推定した。本研究では Cd^{113m}，Cd^{115m}，Zn^{65} を再確認し，またイオン交換樹脂を用いるカラムクロマト法および担体を用いる分属法を併用し，Sr および Y をほぼ純粋に分離して Sr^{90}，Y^{90} の存在を確認すると共に，新に Fe^{55}，Fe^{59}，Mn^{54}，Ba^{140}，La^{140} の存在することを明らかにすることが出来た。さらにこれら核種の量を知ることが出来たが，太平洋汚染魚肝臓中の Sr^{90} が食品の摂取許容量を上廻るかなり高い値を示したことは注目される。

実験試料および方法

試　料　供試メバチ *Parathunnus mebachi* は前報[1]と同じもので，前報に示したようにその肝臓 1 g を乾燥してガイガーミュラーカウンター（Mica の厚さ 3.5 mg/cm²，Geometry 11.6%）で計測した放射能は 167.4 cpm であつた。

分析法　肝臓を電気炉中 550°C で灰化後，塩酸溶液となし，陽イオン交換樹脂によつて分属した。使用した陽イオン交換樹脂柱は，内径 10 mm，高さ 1 m のカラムに H・R 型にした Dowex 50X8（100～

1957 年 9 月 30 日受理
* 本研究の 1 部は昭和 32 年 4 月の日本農学大会水産部会（東京）において講演発表した。
** The Faculty of Agriculture, University of Tokyo.

200 mesh）を高さ 60 cm につめたもので，カラムの上部に加圧空気を送り溶出速度が 1.3 ml/min. となるように調節した。溶出の方法は前報[2]とほぼ同様であるが，Cd の大部分を初めに溶出させるため試料を 1 *N* HCl 溶液として充塡し，0.2 *N* HCl での溶出に先立つて少量の 1 *N* HCl 溶液を通じた点が前報と異る。

実験結果

灰 2.02 g を秤取し，1 *N* HCl 溶液となし，直ちに陽イオン交換樹脂に通し溶出を行つた。その放射性物質の溶出曲線を Fig. 1 に示す。

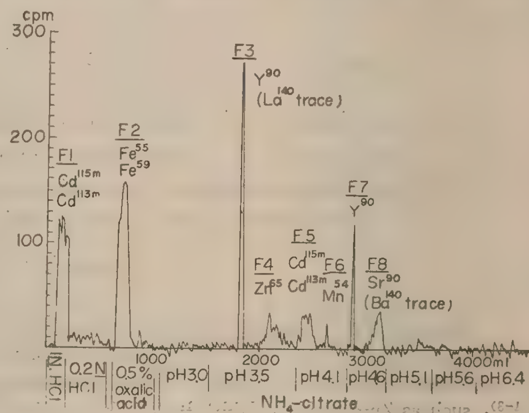


Fig. 1. Elution curve of radioactive substances contained in the liver of *Parathunnus mebachi* (111 L).
Date of analysis : Jan. 24～Feb. 7, 1957.
Weight of ashed sample examined : 2.02 g
Ion exchange resin used : Dowex 50 X 8 (100～200 mesh).
Column used : ϕ 1.0 × 60 cm.

F1 割分：1 *N* HCl にての溶出割分（F 1）には 3 つのピークが認められたが，それぞれの吸収および減衰曲線は一致したので，これらのピークは同一組成を有するものと考えられる。この F1 には Cd，Sn，Te（VI）および各種の陰イオンが溶出すると考えられるので，存在核種を決定するため，さらに次の 2 実験を行つた。

（a） F1 の 1 部（約 500 cpm）をとり蒸発乾固させた後 0.2 *N* HCl 溶液となし，径 1.2 cm，高さ 10 cm の H・R 型陽イオン交換樹脂柱に吸着させ，前報[2]と同様に 0.2 *N* HCl，0.5 % シュウ酸，クエン酸アンモン（pH 3.0，3.5，4.1，4.6，5.1，5.6，6.4）で展開した。その結果，0.2 *N* HCl および 0.5 % シュウ酸溶出割分は 3.4 cpm 程度で殆ど放射能が認められなかつたので，本試料中には放射性 Te および放射性陰イオンは殆ど存在しないことが明らかとなつた。放射性物質は 5 % クエン酸アンモンの pH 3.5 割分および pH 4.1 割分に溶出し，それぞれ 355.7 cpm，38.7 cpm であつた。この割分は先に筆者ら[3]によつて Cd の溶出が認められた所である。さらにこの pH 3.5 割分の吸収および減衰の両曲線は F1 のそれと一致し，この割分が F1 を代表する部分であることが判つた。

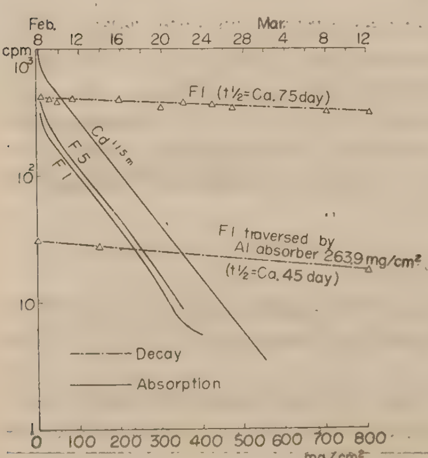


Fig. 2. Decay and aluminum absorption curves of F1 and F5 (111 L).

（b） F1 よりさらに他の 1 部（約 500 cpm）をとり，再び径 1.2 cm，高さ 10 cm の陽イオン交換樹脂を通過させ，放射性物質が樹脂に吸着されずに流出する事実を再確認した。この溶出部分を蒸発乾固した後 6 *N* HCl 溶液とし，径 1.2 cm，高さ 10 cm の R-Cl 型陰イオン交換樹脂を通過させると，放射性物質は完全に吸着され，6 *N* HCl 溶出部分に放射能が検出されなかつた。次にこの陰イオン交換樹脂柱を 1 *N* HNO_3 溶液で溶出したところ 337 cpm の放射能が溶出部分に測定された。これは木村ら[4]により報告された Cd の行動に一致する。またこの割分の放射能吸収曲線も F1 のそれに一致した。

以上 F1 の放射性物質のイオン交換樹脂上の挙動は Cd のそれと全く一致した。

さらに F1 は β 線の他に γ 線を発し，その γ 線のエネルギーはシンチレーションスペクトロメーターにより 0.9 Mev と測定された。これは Cd^{115m} の文献値[5] 0.95 Mev とほぼ一致する。また β 線のアルミニウム板による吸収曲線も Cd^{115m} と一致した (Fig. 2)。但し減衰曲線は半減期約 75 日を示し，Cd^{115m} の 43 日に較べるとかなり長い。これは前報[3]において検出した Cd^{113m} の共存によるものと考えられたので，Cd^{113m} の 0.57 Mev の β 線をアルミニウム板を用いて遮断して減衰を求めたところ，半減期として約 45 日という値を得た (Fig. 2)。これらの結果より，F1 は Cd^{115m} および Cd^{113m} よりなることを確認した。

F2 劃分： 0.5% シュウ酸溶出物のアルミニウム板による吸収曲線は Fe^{55} にほぼ一致し (Fig. 3) 且つ半期減も非常に長いことより Fe^{55} (t 1/2 2.9 Y) の存在が明らかとなつた。

またシンチレーションカウンターにより γ 線が認められ，そのエネルギーを測定した結果，1.2 Mev，1.35 Mev の 2 つの値が得られたが，これは Fe^{59} の文献値[5] 1.10 Mev，1.29 Mev の値にそれぞれ近似していることより Fe^{59} も存在することを認めた。

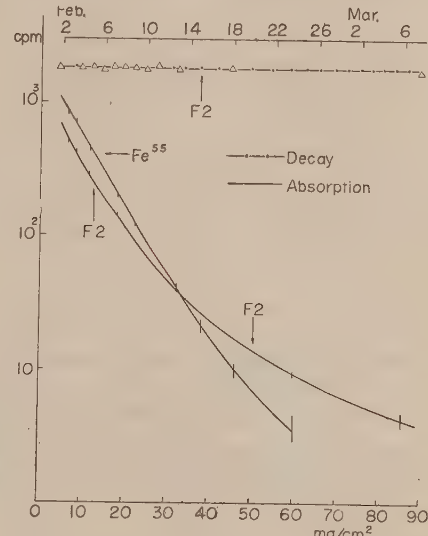


Fig. 3. Decay and aluminum absorption curves of F2 (111 L).

F3 劃分： クエン酸アンモン pH 3.5 溶出劃分には La，Ce，Y 等の希土類元素が考えられる。F3 の吸収曲線 (Fig. 4) より求めた β 線の最大エネルギーは 2.2 Mev である。また Fig. 4 の減衰曲線を解析して，40 時間，63 時間，>200 日の 3 種の半減期を認めた。これらの結果より，F3 は Y^{90} (β^-2.26 Mev，t1/2 64hr)[6]，La^{140} (β^-1.34～2.15 Mev，t1/2 40.2 hr)[5] および極く少量の半減期の長い核種より成ると考えられる。この痕跡程度に存在する半減期の長い核種は，汚染海水[7]中に多量に存在するとされている Ce^{144} (t1/2 282 d) 或いは天然放射性元素の K^{40} (t 1/2 1.2×10^9 y) ではないかと思われるが，その放射能は僅かに 10 cpm 程度の微量であるため核種を決定するに到らなかつた。後述のように，本肝臓中の放射性アルカリ土類元素は Sr^{90} を主体とし，Ba^{140} は少量であることからみて，F3 劃分は Sr^{90} の娘核である Y^{90} が大部分で，これに少量の Ba^{140} の娘核である La^{140} と痕跡程度の極めて半減期の長い不明核種が混じたものと考えられる。

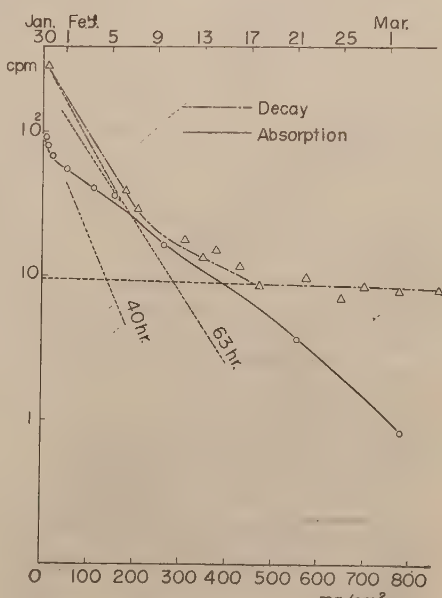


Fig. 4. Decay and aluminum absorption curves of F3 (111 L).

F4 劃分： この劃分は γ 線を伴い，そのエネルギーは 1.12 Mev で Zn^{65} と一致した (Fig. 5)。またアルミニウム板による吸収曲線 (Fig. 6) は Zn^{65} と一致し，且つ半減期は非常に長い (Fig. 6)。これらの事実により，この部分は Zn^{65} であることが確認された。

F5 劃分： この部分の吸収曲線，減衰曲線は F1 に一致した (Fig. 2)。F1 の溶出にあたり 1 N HCl の量が少かつたため，Cd の溶出が不充分で，樹脂中に残存した Cd が再びここに溶出したものと解される。

F6 劃分： この溶出物は，ガイガーミュラーカウン

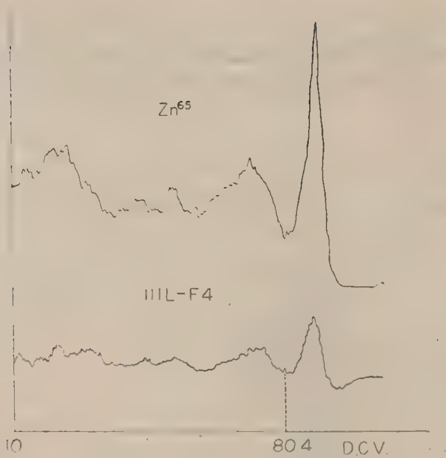


Fig. 5. Distribution curves of differential pulse height for γ-ray of F4 (111 L) and Zn^{45}.

ターによると僅かな放射能しか示さないが，シンチレーションカウンターによると約 10,000 dpm（1崩壊にγ線 1 個として）のγ線放射能を示した。そのγ線の半減期は約 290 日である。

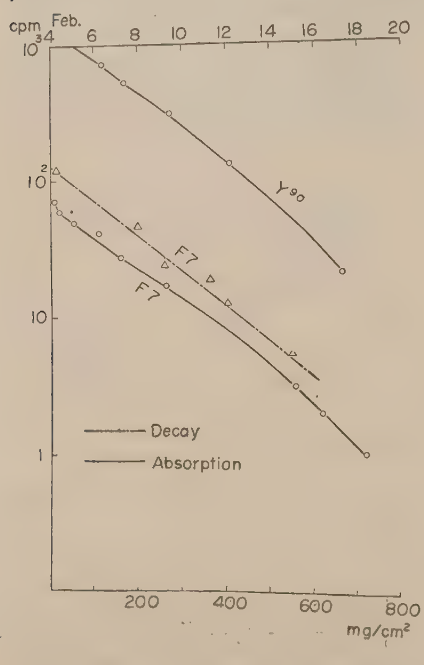


Fig. 8. Decay and aluminum absorption curves of F7 (111 L).

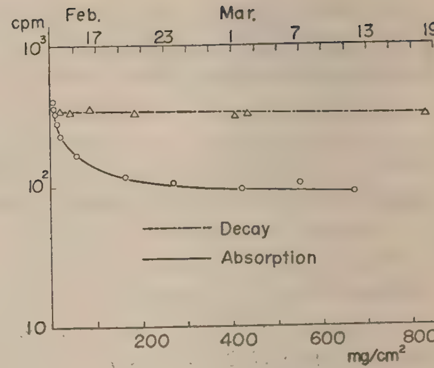


Fig. 6. Decay and aluminum absorption curves of F4 (111 L).

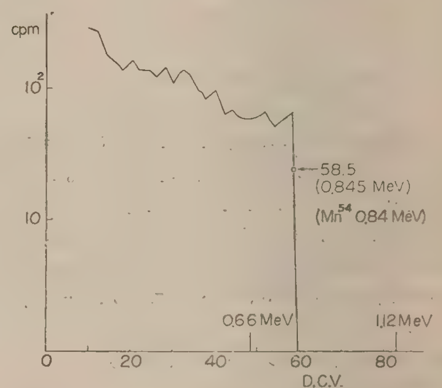


Fig. 7. Distribution curve of integral pulse height for γ-ray of F6 (111 L).

このγ線エネルギーを積分式波高分析法により求めた結果，0.845 Mev という値が得られ(Fig. 7)，Mn^{54} の文献値[8](γ 0.84 Mev，t 1/2 291 d) に一致した。これらのことより，本物質は Mn^{54} であることをほぼ確認した。

F7 劃分： 吸収曲線および減衰曲線より求めたβ線のエネルギーおよび減衰は Y^{90} と一致した (Fig. 8)。イオン交換樹脂の溶出操作にあたり，この部分を溶出させる前に一昼夜展開を中止したため，この間に Sr^{90} より生じた Y^{90} が展開再開後直ちに流出しピークを為したものと考えられる。

F8 劃分： この部分には Ca^{45}，Sr^{90}，Ba^{140} の存在が考えられるが，アルミニウム板による吸収曲線は Fig. 9 の通りで Sr^{90}—Y^{90} と略一致した。また F8 の分離直後よりのβ線の経日的変化は Fig. 9 の通りである。Sr^{90} は娘核の Y^{90} を生成するため放射能は経日的に増加し，平衡に達した後にかなりの長期に亘り略同じ値を示す性

質があり，その減衰曲線は F8 とほとんど同様である。これに反して Ca^{45} は増加しないで緩慢な減少（t 1/2 164 d）を示し，また Ba^{140} は娘核 La^{140} を生成し一旦増加するものの，平衡に達した後にすみやかに減少（t1/2 12.8 d）するので，この両者共その減衰曲線は F8 とは異ることは Fig. 9 に見られる通りである。更に F8 の 1 部をとり，担体分属を行い Sr を分離したが，Sr 割分に明らかに放射能を認めた。すなわち，アルカリ性溶液中で炭酸塩としてアルカリ土類元素を沈澱させること 3 回，水酸化物，クロム酸塩として不純物の沈澱を除去すること各 1 回，および比重 1.45 の発煙硝酸溶液中で $Sr(NO_3)_2$ を沈澱させる操作を 5 回[9] 反復して得た Sr 割分（続報参照）は，Sr 担体の回収率 28%，放射能の回収率は 25% であり略一致した。さらにこの Sr 割分（93 cpm）を 18 日間放置後，生成した Y を水酸化物として沈澱させることより得た Y 割分（47 cpm）の放射能の半減期は，Y^{90} の半減期 64 時間と一致することを認めた。以上の結果は，Sr^{90} の存在を明らかに示している。

なお，この F8 割分には分離直後に極く微弱な軟 γ 線が認められ，時間の経過に伴つて消失した。この γ 線のエネルギーは約 0.3 Mev であつた。この事実は極く少量の Ba^{140} の共存を示す。

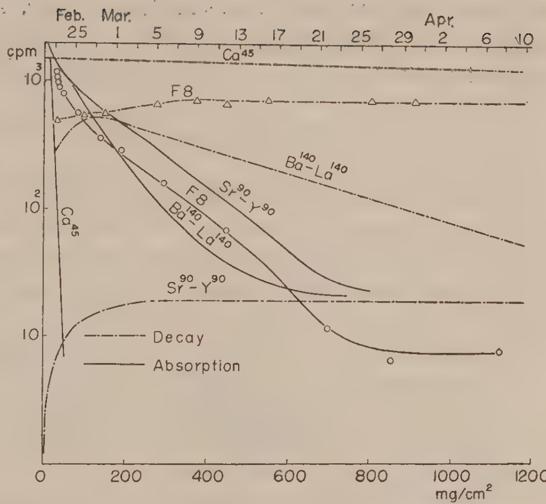


Fig. 9. Decay and aluminum absorption curves of F8 (111 L).

Table 1. Radioactivity of nuclides contained in the liver of *Parathunnus mebachi* (111 L).

Nuclides	Radioactivity／100 g (Feb. 7, 1957)
Fe^{55} (Fe^{59})	0.5 μc
Zn^{65}	0.05 μc
Cd^{115m} (Cd^{113m})	0.012 μc
Mn^{54}	0.0022 μc
Sr^{90}	0.002 μc
Y^{90}	0.002 μc
Ba^{140}	trace
La^{140}	trace

各放射性元素の量： 上記のようにして確認された核種の放射能を標準品と比較計測し，その量を算出した。Tab. 1. は肝臓の生組織 100 g 中に含有される放射性元素の量を示したものである。

摘　　要

1956 年 10 月 26 日にビキニ環礁東方約 80 マイルにおいて漁獲したメバチ肝臓中に Fe^{55}，Fe^{59}，Zn^{65}，Cd^{113m}，Cd^{115m}，Mn^{54}，Sr^{90}，Y^{90}，Ba^{140}，La^{140} の存在することを確認した。

Mn^{54} はビキニ灰，放射能汚染雨水，海水等にも未だ検知されておらず，本研究により始めてその存在が示された。Mn^{54} は U^{233}，U^{235}，Pu^{239}，Th^{232} 等の核分裂生成物としては考えられていないので，原水爆の爆発時に生ずる中性子，陽子，重陽子，α 粒子が弾体構成物または土砂中の Cr，Fe 等の金属にあたり，2 次的に生ずるに到つたものと考えられる。

Sr^{90}—Y^{90} の太平洋汚染魚軟組織中の存在は未だ確証されていなかつたが，ここに始めてその存在が確認された。

肝臓 100 g 中の放射性元素の量は，Fe^{55} (Fe^{59}) 0.5 μc，Zn^{65} 0.05 μc，Cd^{115m} (Cd^{113m}) 0.012 μc，Mn^{54} 0.0022 μc，Sr^{90} 0.002 μc，Y^{90} 0.002 μc で Ba^{140}，La^{140} は極少量であつた。放射線防禦国際委員会勧告[10] によりアメリカ N.B.S. の数値[11] の 1/10 が我国でも許容量とされている。この肝臓 200 g を毎日摂食すると仮定すれば，この許容量に対し，Fe^{55} 114 %，Zn^{65} 0.8 % となり $Cd^{113m,115m}$，Mn^{54}，Ba^{140}，La^{140} はさらに低いが，Sr^{90} は実に 23 倍となる。

本研究は森　高次郎教授の御指導の下に行われたもので，ここに衷心より御礼を申上げる。また御校閲を

賜つた橋本芳郎助教授，実験の1部を分担された安元健氏，および γ 線分析に関し御指導を賜つた科学研究所山崎文男博士，岡野真治氏に深甚の謝意を表する。なお本研究は昭和 31 年度厚生省研究費により実施された研究の1部である。

文　　献

1) 白井和雄：本誌
2) 佐伯誠道・白井和雄・大野　駿・森　高次郎：本誌，**22**，645 (1957).
3) 白井和雄・佐伯誠道・大野　駿：本誌，**22**，651 (1957).
4) 木村健二郎・斎藤信房："核分裂生成物の分離" 岩波書店，p. 55 (1956).
5) Knolls Atomic Power Laboratory : "Chart of the Nuclides, 5 th Ed." (1956).
6) O. E. Johnson, R. G. Johnson and L. M. Langer : Phys. Rev., **98**, 1517 (1955).
7) 水産庁調査研究部："昭和 29 年におけるビキニ海域の放射能影響調査報告，第2集" (1955).
8) E. W. Backofen and R. H. Herber : Phys. Rev., **97**, 743 (1955).
9) F. J. Bryant, A. C. Chamberlain, A. Morgan and G. S. Spicer : A. E. R. E., Harwell (1956).
10) *Recommendation of the International Commission on Radiological Protection*, B. J. R. Suppl., No. 6 (1955).
11) *National Bureau of Standard*, U. S. Dept. of Commerce, Handbook No. 52 (1953).

放射能汚染魚類の放射性物質—VI. イオン交換樹脂による汚染メバチ幽門垂の放射性物質の分析

白 井 和 雄
(東京大学農学部)

Studies of the Radioactive Materials in the Radiologically Contaminated Fishes—VI. Column Chromatography of the Radioelements in the Pyrolic Caeca of a Big-Eyed Tuna, *Parathunnus mebachi*, with an Ion Exchange Resin.

Kazuo SHIRAI*

Succeeding to the previous papers[1)3)], the radioelements in the pyrolic caeca of the same big-eyed tuna were analysed by column chromatography with an ion exchange resin, and seven radioactive fractions, F 1～F 7 were obtained (Fig. 1).

F 1 was further examined by the group separation method using carriers and the greater part of activity was detected in Group IIIA. The Al-absorption and decay curves of this group are shown in Figs. 2 and 3. The curves indicated that the nuclide in this fraction was Fe^{55}.

The Al-absorption and decay curves of the other fractions except F 5 and F 6 are also shown in Figs. 2 and 3. It was confirmed that the nuclides in F 2, F 3, F 4 and F 7 were Y^{90}, Zn^{65}, a mixture of Cd^{115m} and Cd^{115m}, and Sr^{90}—Y^{90}, respectively.

The activity of F 5 and F 6 was very weak and short-living. These fractions were supposed to be Y^{90} originated from Sr^{90} in the interruption of elution.

第IV報[1)]に於て汚染メバチの分属分析の報告を行い，肝臓，幽門垂及び腎臓のII属よりは Cd^{113m}，Cd^{115m} を分離確認し，III属B，IV属の主成分は夫々 Zn^{65} 及び Sr^{90}—Y^{90} であることをほぼ確認した。核分裂の際の Cd^{115m} の収量は 0.0008 %[2)] と言う極く少量であるにもかゝわらず魚類内臓中には他の放射性元素に比して相当多量存在もることは興味ある問題である。又 Zn^{65} 及び Sr^{90}—Y^{90} は第IV報に於てはIII属B及びIV属の劃分を未精製のまゝ，検討したのであつて，核種の確認をするには未だ不十分な点がある。特に Sr^{90}—Y^{90} に関しては人体に最も害毒を及ぼす放射性核種の一つであり，これが確認は他の場合より一層厳密でなければならない。又III属Aは可成の放射能が集るのであるが，燐酸と共沈するために得られた劃分は後の操作が困難となり第IV報ではそれ以上の検討を進め得なかつた。

以上の理由から分属分析に於て既に確認された Cd^{113m} 及び Cd^{115m} は再確認のため，又未だ十分でないもの或は未実験のものについては確証のため第 IV 報の分属分析に供したと同一試料，メバチ *Parathunnus mebachi* の幽門垂をイオン交換樹脂による方法で分析を行つた。その結果 Cd に関しては化学的及び物理的性質とも第IV報のII属より得られた Cd 劃分のそれと全く同一で，従つて Cd^{113m}，Cd^{115m} であることを再確認し，Zn^{65}，Sr^{90}—Y^{90} は今回は不純物なきため吸収曲線，半減期がよく夫々の文献値に一致した。特に Sr^{90}—Y^{90} に於ては娘核 Y^{90} を単離することが出来，その半減期が文献値によく一致することを確認し得

* The Faculty of Agriculture, University of Tokyo.
1957 年 9 月 30 日受理

た。又 Fe^{55} を検出し分属の場合のⅢ属Aの放射能は大部分がこれによるものであろうことが明かとなつた。

以上の結果は同一メバチの肝臓についてほゞ同様な方法で佐伯[3] が行つた分析結果と大体に於て似ている。但し肝臓の場合は試料灰を 1N 塩酸溶液としてイオン交換樹脂を流下させたために Cd の大部分が最初に溶出したこと，Mn^{54} が検出されたことが幽門垂の場合と大きく異つている。幽門垂に Mn^{54} が検出されなかつたのは幽門垂試料の放射能が肝臓のそれより弱かつたためか或は臓器の無機物吸収，蓄積に於ける特異性を示すものかこの結果だけでは結論し得ないが興味ある問題である。

放射能の測定

放射能の測定には科研 32 型GMカウンター（GM管のマイカの厚さ 3.5 mg/cm²）を用いた。又本報文中に引用した各種放射性核種の半減期及びエネルギーに関する文献値は木村健二郎編，放射線データーブックによつた。

分析及び結果

第Ⅳ報と同一汚染メバチの幽門垂灰を本研究第Ⅱ報[4] と同様な方法でイオン交換樹脂による分析を行つた。即ち試料灰を稀塩酸にて溶解し遠心分離により不溶部分を除き，後溶液を 0.2N に調整し，イオン交換樹脂柱（Dowex 50×8，100～200 mesh，1.0×60 cm）に流して吸着させ順次 0.2N HCl，0.5% 蓚酸溶液，5% 枸櫞酸アンモン溶液（pH 3.0，3.5，4.1，4.6，5.1，5.6，6.4）にて溶離（流下速度 0.5～0.6 ml/min.）させた[5]。溶離曲線は Fig. 1 に示す如くで7箇所にピークが現れた。

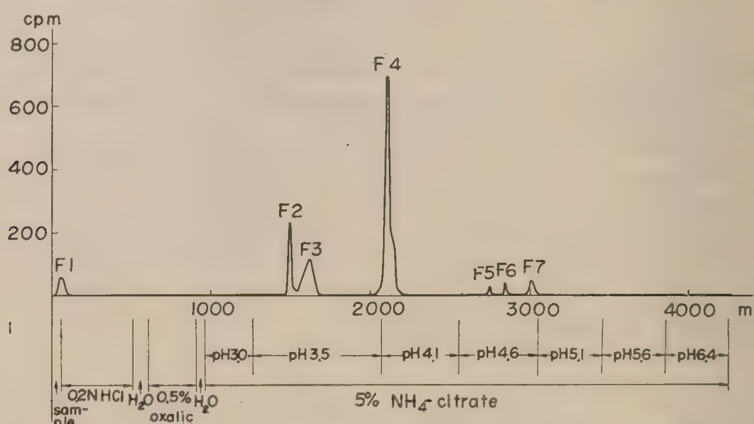


Fig. 1. Elution curve of the pyrolic caeca ash in column chromatography with an ion exchange resin.
Ash : 2.22 g
Ion exchange resin : Dowex 50×8 (100～200 mesh)
Column : 1.0×60 cm
Velocity : 0.5～0.6 ml/min

ピーク1の劃分（F1 とする，以下之に準ず）を更に担体を用いて分属分析を行つたところ，放射能の大部分はⅢ属Aに集つた。そのⅢ属Aのアルミニウム吸収曲線は Fig. 2 の如くで，その減衰は極めて僅かである。従つてこれは Fe^{55}（電子捕獲壊変，半減期 3.0 年）と推定されるが，通常 0.5% 蓚酸で溶出すべきものが 0.2N HCl で溶出したのは燐酸との相互作用により吸着に支障があつたものと考えられる[6]。

F2，F3，F4 及び F7 について夫々測定したアルミニウム吸収曲線も同様 Fig. 2 に示す。

F2 の吸収曲線より算出せる β 線エネルギーは 2.2 Mev で，本劃分の半減期は 65 時間であつた。エネルギー，半減期とも Y^{90} の文献値に非常によく一致する（Y^{90}，β：2.26 Mev，64 時間），この様に半減期の短い核種が汚染以来長期間残留するとは考えられず明かに Sr^{90} の娘核として存在するのである。従つてこれは親である Sr^{90} の存在を証明している。

F3 の吸収曲線は全く Zn^{65} のそれと重なり，半減期は Fig. 3 に示す如く現在迄の測定より外挿で推定

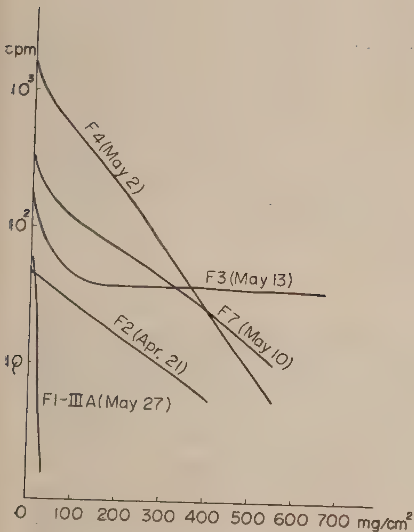


Fig. 2. Aluminium absorption curves of fractions obtained in the column chromatography with an ion exchange resin.

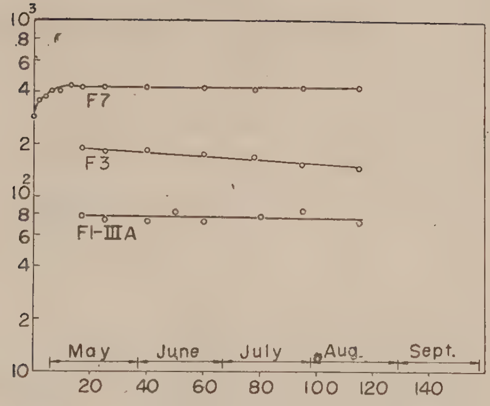


Fig. 3. Decay curves of the fractions obtained in the column chromatography with an ion exchange resin.

して約 250 日である。吸収曲線，半減期より Zn^{65}（半減期 245 日）であることは明かである。

F 4 は吸収曲線，β 線エネルギー及び半減期（アルミニウム吸収板を挿入せる場合及び挿入せぬ場合ともに）何れも第Ⅳ報分属分析Ⅱ属より分離した Cd 割分と全く同一であつて，Cd^{113m} 及び Cd^{115m} の混合であることが確認された。

F 7 は Fig. 3 に示す如く分離後約 10 日間は次第に放射能が増し，後一定となりその後は全く変化しない。一定になつた後の吸収曲線が Fig. 2 に示すもので，これより算出せる β 線エネルギーは 2.2 Mev である。これは Sr^{90}—Y^{90} のエネルギーとよく合致し，Sr^{90} とすれば分離後放射能の増加するのは娘核 Y^{90} が先に溶出したため放射平衡が破れているからで，漸次 Y^{90} が増加して再び平衡を回復した後 28 年の半減期を示すのであると考えればよく説明される。F 2 が Y^{90} であることと併せ考え，本割分が Sr^{90} であることは明かである。

F 5 及 F 6 は放射能弱く更に減衰も速いため種々な測定を行うことが出来なかつたが，恐らく途中溶出を中断したことによる Sr^{90} の娘核 Y^{90} のミルキングと思われる。

終りに種々御指導を戴いた森高次郎教授に深く謝意を表す。

尚本研究は文部省科学研究費（総合）及び厚生省研究費によつて行つた研究の一部である。

文　献

1) 白井和雄： 本誌 23 (11) 723 (1958)
2) Metcalf, R. P. : National Nuclear Energy Series. Ⅳ, 9. Book 2, 891 (Mc Graw-Hill, 1951).
3) 佐伯誠道： 本誌 23 (11) 729 (1958)
4) 佐伯誠道・白井和雄・大野　駿・森高次郎： 本誌 **22** (10) 645 (1957)
5) 木村健二郎他： 分析化学 **3** (4), 335 (1954).
6) 本田雅健： イオン交換, 124 (南江堂)

海産二枚貝組織の末端酸化系について

河 合 清 三
（京都大学理学部動物学教室）

On the Terminal Oxidase System in Marine Lamellibranch Tissues

Kiyozo KAWAI

In a previous paper (KAWAI, '56), the evidence was presented that the respiration of gill of marine lamellibranchs, such as the oyster (*Crassostrea gigas*) and the pearl oyster (*Pinctada martensii*), is mediated through the cytochrome system. Recently, JODREY and WILBUR ('55) suggested that the cytochrome system may not play a major role in the oxidation in the mantle of oyster. It therefore seemed appropriate to establish whether the cytochrome system functions or not as the terminal oxidase system in marine lamellibranch tissues other than the gill.

This paper concerns the effects of inhibitors on the endogeneous respiration of various tissues of the oyster, the pearl oyster and the mussel (*Mytilus crassitesta*), and the identification of the cytochromes in the tissues.

1. The respiration was strongly inhibited by 10^{-3} M cyanide, and the inhibition was partially reversed by 6×10^{-5} M methylene blue (Fig. 1 & 2). The inhibition degree of pearl oyster tissues was not so large compared with that of oyster.

2. In the mixture of 90 % CO and 10 % O_2, the oxygen uptake of lamellibranch tissues was inhibited by about 50 % in the dark, and the inhibition was completely reversed by light (Fig. 3, 4 & 5).

3. The reduced band of cytochrome *b* was detected in all tissues dexamined wheras the band *a* detected only in certain tissues by the spectroscopic examination (Table 1). The band *c*, however, could not be detected in lamellibranch tissues. A very strong pyridine hemochromogen band (560 mμ), which is considered as the band of cytochrome *b* pyridine hemochrome, was readily obtained in every tissue examined.

4. These results lead to the conclusion that the respiration of marine lamellibranch tissues other than the gill is also mediated through the cytochrome system.

さきに，著者は海産二枚貝のアコヤガイ (*Pinctada martensii*) ならびにマガキ (*Crassostrea gigas*) のえら組織の呼吸はチトクローム（以下 Cyt）系を介して行われると報告した[1)]。ところが，最近 JODREY と WILBUR[2)] は米国産のカキ (*Crassostrea virginica*) の外とう膜組織の呼吸代謝に関する研究の中で，この組織の酸化的代謝には Cyt 系は重要な役割りを果していないらしいと述べ，外とう膜組織の末端酸化系としての Cyt 系の意義を疑問視している。

一般に，細胞の末端酸化系には Cyt 系以外に，ポリフェノール系，アスコルビン酸系，フラビン酵素系などの存在が知られている。したがつて，同一の生物でも器官組織が異なれば，その末端酸化系も違つているかもしれないとの疑問がでてくる。そこで，この疑問を明らかにするため，海産二枚貝の各種組織について，末端酸化系としての Cyt 系の意義の検討を行つた。本研究の大要は，さきに動物学会（昭和 31 年金沢）[3)] で発表したが，一部実験を補足して，こゝに報告する次第である。なお，研究上いろいろお世話いただいた京大瀬戸臨海実験所所員各位ならびに吸収スペクトルの一部の実験について御援助いただいた大阪大学理学部本城研究室の各位に厚く感謝申し上げる。

材料ならびに実験方法

瀬戸臨海実験所邦文業績第 126 号

アコヤガイ，マガキならびにイガイ（*Mytilus crassitesta*）の諸組織を実験に供した。前二者は臨海実験所近傍の養殖場より入手し，年令は両者とも約 1.5〜2.0 年である。イガイの方は実験所の近くの岩しように附着しているのを採集して来た。イガイの年令は明らかでないが，貝がらの高さは，約 8.0 cm であつた。なお，実験はいずれも9月初めより 10 月末にかけて実施した。

組織呼吸の測定は WARBURG 装置を用い，25°C で行つた。組織浮ゆう液には 0.03 M グリシン海水または 0.03 M グリシルグリシン海水（両者とも Cl ‰19.00，pH 8.0）を使用した。一酸化炭素ならびに青酸による阻害実験は前報[1] と同一の方法で行つた。Cyt の吸収スペクトルは，組織をホモジネートにした後，$Na_2S_2O_4$ を加え，これを液体空気で冷却して，直視分光器で観察した。

実験結果ならびに考案

(1) 青酸阻害

これら二枚貝の組織呼吸は，高等動物の場合と同様に，低濃度の青酸によつて強く抑制される。阻害実験の一部を例示すると Fig. 1 ならびに Fig. 2 のようになる。マガキとアコヤガイの青酸阻害率は若干異なりえら，外とう膜ともに前者のそれは 80〜90 % の値を示しているのに反し，後者のそれは 50〜60 % にとゞまつている。この青酸阻害だけを見ると，アコヤガイの組織呼吸は青酸阻害をうけないフラビン酵素のようなものに依存する割合が大きいのではなかろうかとの推論もでてくる。しかし，後述の一酸化炭素（CO 90%・O_2 10 %）による阻害では，両者とも暗時 50 % 阻害され，そこにはなんの差も見られないので，このような推論は成り立たない。

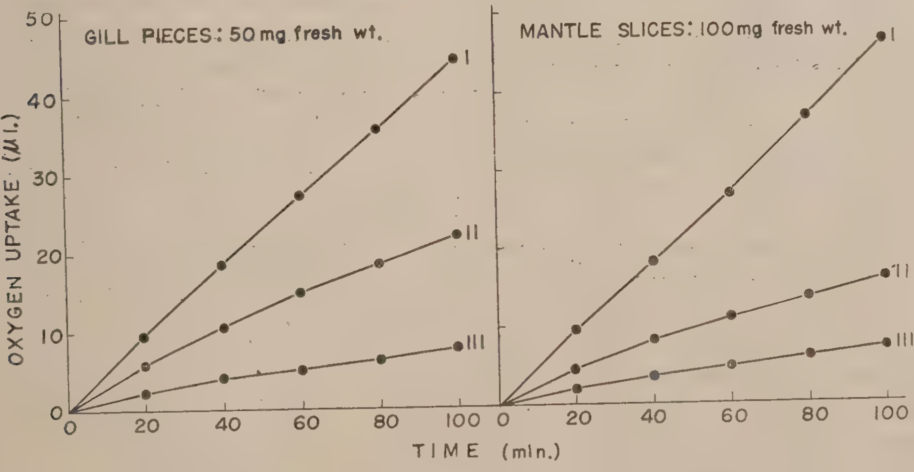


Fig. 1. Effect of cyanide and methylene blue on oxygen uptake of the tissues of oyster, *Crassostrea gigas*.
I, control ; II, 10^{-3} M HCN + 6×10^{-5} M methylene blue ; III, 10^{-3} M HCN. Each manometric flask contained 50 mg or 100 mg tissues in 1.5 ml of 0.03 M glycine-buffered sea water, pH 8.0, T. 25°C. The manometric measurement was started immediately after the tissues had been immersed in each medium containing the reagents for twenty minutes.

メチレン青は細胞呼吸の補助的酸化還元系として仂くため，それ単独でも二枚貝の組織呼吸を促進させるが[4] 青酸阻害の場合これを共存させると，かなりの呼吸の回復が見られる。また，自動酸化性のトルイレン青にも，ほぼこれと同様の効果がある。ただ，青酸阻害率の大きいマガキ組織では，メチレン青による呼吸の回復はそれほど著しくない。メチレン青の濃度を大にすれば，その回復効果を更に高めることができるのかもしれないが，海水に対するメチレン青の溶解度は，6.3×10^{-5} M/L の低値のため，これ以上の濃度は望めない。

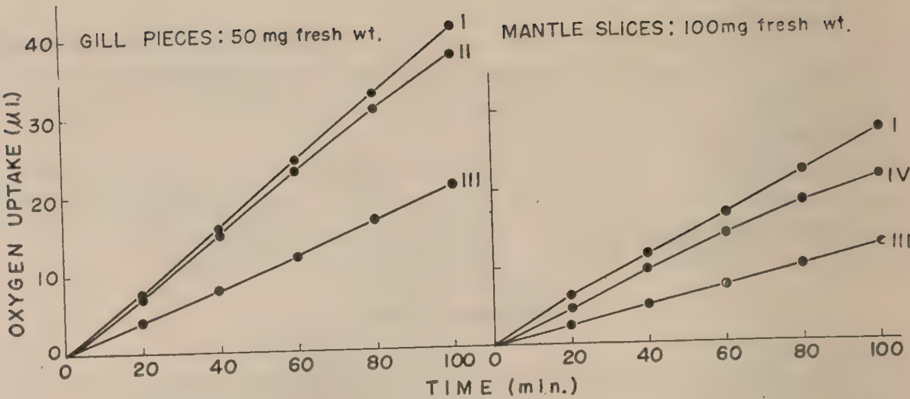


Fig. 2. Effect of cyanide and methylene blue on oxygen uptake of the tissues of pearl oyster, *Pinctada martensii*.
I, control II, 10^{-3} M HCN + 4×10^{-5} M methylene blue; III, 10^{-3} M HCN;
IV, 10^{-3} M HCN + 6×10^{-5} M methylene blue.

Jodrey と Wilbur[2] は米国産のカキ（*Crassostrea virginica*）の外とう膜組織の青酸阻害がメチレン青(終濃度 1.4×10^{-5} M) の添加によつても，ほとんど回復が見られなかつた事から，この組織の酸化的代謝における Cyt 系の役割りについては，否定的見解を述べている。著者がマガキのえら・外とう膜組織について予備実験的に検討したところでは，メチレン青 1×10^{-5} M の濃度では青酸（10^{-3} M）阻害はほとんど影響をうけない。ところが，6×10^{-5} M の濃度にすると上述のように若干の回復が見られるようになる。彼らの実験で，呼吸の回復が見られなかつたのは，添加したメチレン青の濃度が低すぎたためであろう。

(2) 一酸化炭素阻害

いずれの組織とも，その組織呼吸は一酸化炭素（CO 90％，O_2 10％）によつて暗時約 50％ 阻害され，この阻害は光の照射によつて完全に回復する（Fig. 3, 4 & 5)。

周知のように，CO は多くの重金属イオンと結合するが，鉄イオンの結合の場合だけ，その結合が光に対し不安定である。したがつてこの結果から，これら二枚貝の諸組織の細胞呼吸は Warburg の言うところの鉄を活性中心にもつた酸化酵素，いわゆる Cyt 酸化酵素を介して行われるものと考えられる。また，CO (暗時) による阻害率はパン酵母の値[5]にほぼ等しいので，これら二枚貝の組織呼吸の大部分が Cyt 酸化酵素を介して行われているものと推定される。

(3) 二枚貝組織の Cyt

さきにマガキとアコヤガイの各種組織について報告した[1]ように，常温では組織ホモジネートに $Na_2S_2O_4$ を添加しただけでは，Cyt b の吸収帯だけしか観察できない。今回この $Na_2S_2O_4$ で還元したものを液体空気で冷却することによつて，Table. 1 に示すように一部の組織に Cyt a に相当する吸収帯（600 mμ 附近），を観察することができた。しかし Cyt c に相当するものは，やはり検出できなかつた。またこの Cyt a, b 吸収の強さはパン酵母のそれにくらべはるかに弱いものである。これら二枚貝組織に，Cyt c 酸化酵素

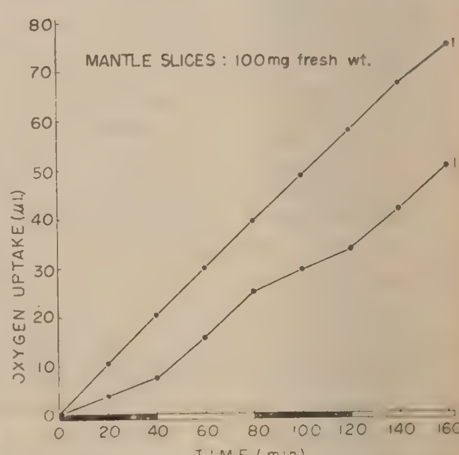


Fig. 3. Effect of light on the carbon monoxide inhibition of respiration of oyster mantle. I, in 90％ N_2+10％ O_2; II, in 90％ CO+10％ O_2. Each flask contained 100 mg tissue slices in 1.5 ml of 0.03 M glycylglycine buffered sea water, pH 8.0, T. 25°C. The black and white blocks under the base line show the periods of dark and light.

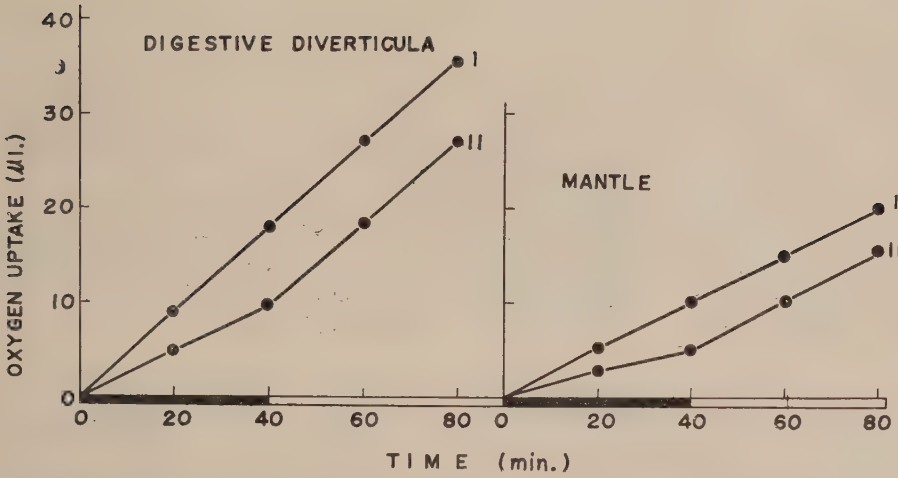


Fig. 4. Fffect of carbon monoxide on oxygen uptake of tissue slices of pearl oyster. Each flask contained 100 mg tissue slices in 1.5 ml of 0.03 M glycylglycine-buffered sea water, pH 8.0. I, in air; II, in 90 % CO+10 % O_2; illumination at t=40 min.

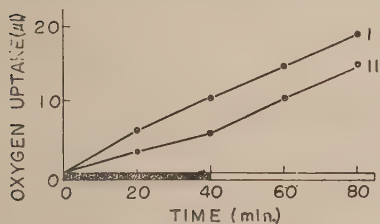


Fig. 5. Effect of carbon monoxide on respira- of *Mytilus crassitesta* gill. Each flask contained 50 mg gill pieces.
I, in air; II, in 90 % CO+10 % O_2

が存在する[1),2),6)]にもかゝわらず，その基質となる Cyt c が分光器で検出できないのは，その組織中の濃度が非常に低いためではなかろうか。高等動物の組織中の Cyt c 濃度はその組織の酸素消費量 (QO_2) に比例すると言われている[7)]。これら二枚貝の組織の Q_2 は，高等動物のそれにくらべ，きわめて低く，著者の実験試料とした組織のうち QO_2 一番大きいえら組織でさえ QO_2 2.6 前後の低値である。したがつて，上記のような事が二枚貝でも言えるとしても，その組織中の濃度はきわめて小さい

Table 1. Observations on the absorption band of the reduced cytochromes and pyridine hemochromogen in the various tissues of the marine lamellbranchs at liquid-air temperature.

Species	Tissue	Relative intensity of the absorption		
		Cyt. *a*	Cyt. *b*	Pyridine hemochromogen
Crassostrea gigas	Gill	+	++	+++
	Mantle	+−	+	+++
	Adductor muscle	+	++	+++
	Digestive diverticula	−	+	++
Pinctada martensii	Gill	+	++	+++
	Mantle	−	+	++
	Adductor muscle	−	+	++
	Gonad	−	++	++
	Digestive diverticula	−	++	++
Mytilus crassitesta	Gill	+	++	++
	Mantle	−	++	++
	Adductor muscle	−	++	++
	Digestive diverticuia	−	+	++

The α−band of Cyt. *a*; around 600 mμ; The band *b*; 560−565 mμ at room temp. and 560 mμ at liquid-air temp.; Pyridine hemochromogen; 550—560 mμ. The sign +++ indicates the strong absorption, while the sign − indicates the failure to detect it. Weak absorption, which presence is not so clear, is indicated by +−.

ものと想像される。

組織ホモジネートに $Na_2S_2O_4$ とピリジンとを加えると，いずれの組織でも 560 mμ 附近に Cyt b のピリジンヘモクロモーゲンと考えられる強い吸収帯を容易に検出することができる。常温では Cyt b の吸収帯は 560～565 mμ 附近に現われるが，液体空気で冷却するとその吸収の中心が 560 mμ 附近の短波長側に移動し，その吸収帯は常温によりはるかに明確に観察できるようになる。

組織ホモジネートを 100°C で2分間処理すると常温では Cyt b の吸収帯は検出できなくなる。しかし，これを液体空気で冷却すると，熱処理前と同位置に Cyt b 吸収帯を観察することができる。高等動物の組織中に存在する Cyt b は熱に不安定だといわれているが[8]， これら二枚貝の Cyt b は熱にやや安定な別種の Cyt かもしれない。なお，上記の熱処理の際，ホモジネート中の Cyt a の吸収帯は消失するが，その熱変性によつて生じたと思われる物質の，弱い吸収帯が 575～580 mμ 附近に現れる。

結　　論

以上の諸実験結果から，これら二枚貝においては，えらの組織だけに限らずその他の組織においても Cyt 系が末端酸化系として，細胞呼吸に重要な役割りを果しているものと考えられる。したがつて，カキ外とう膜の呼吸に Cyt 系が関与しないと言う Jodrey と Wilbur の見解は受け入れ難いものと言えよう。一酸化炭素による吸収阻害率から見て，これら二枚貝の組織呼吸の大部分が Cyt 系を介して行われているものと推定される。

文　　献

1) 河合清三： 生化学，**28**，379 (1956).
2) Jodrey, L. H. and Wilbur, K. M.: *Biol. Bull.*, **108**, 346 (1955).
3) 河合清三： 動物学雑誌，**66**，97 (1957).
4) 河合清三： 本誌，**22**，626 (1957).
5) Warburg, O.: "Heavy metal prosthetic groups and enzyme action" Clarendon Press, Oxford (1949)
6) Humphrey, G. F.: *J. Exp. Biol.*, **24**, 352 (1947).
7) Crandall, M. W. and Drabkin, D. L: *J. Biol. Chem.*, **166**, 653 (1946).
8) Paul, G. K.: "The enzyme" Vol. II Part 2, p. 355, Academic Press, New York (1951).

雑　　録

○関東支部1月例会　1月28日　於東京水産大学

1. サンマの資源量を推定する試み　土井長之（東海区水研）
2. エゾアワビの混合餌料による成長と貝殻の色彩について　宇野寛（東水大）

○関東支部2月例会　2月15日　於東大農学部水産学科

1. ニジマスのビブリオ菌病の免疫に関する研究　保科利一（東水大）
2. ニジマスの病魚から分離された Streptococcus 菌について　保科利一，佐野徳夫，森本悌正（東水大）
3. 増殖魚類の血液学的研究，ニジマスの血液について　佐野徳夫（東水大）

○関東在住役員会

開催日　昭和 33 年1月 24 日
場　所　東京水産大学会議室
出席者　評議員　会長外 9 名
　　　　理　事　　10 名

議　事

（1）国際会議の件

昭和 33 年度開催の国際会議出席候補者として，下記の如く日本学術公議に推薦した。

国際放射線会議	檜山義夫氏
	深井麟之助氏
国際海藻シンポジウム	時田郇氏
国際生物科学連合会議	檜山義夫氏

（2）昭和 33 年度秋期大会の件

昭和 33 年度秋期大会は下記の如き案が発表され，4月の評議員会で正式決定の運びとなつた。

時　昭和 33 年 10 月 12 日～14 日
場所　新潟大学理学部
委員長　内橋潔氏（日本海区水研）

（3）漁業資源学研究所の件

日本水産学会と日本海洋学会との合体案，海洋総合研究所案が出来たので，これを日本学術会議第4部長及び第6部長に提出すると共に，経過報告書を附して評議員に送附することゝした。

（4）学会誌印刷所の件

学会誌印刷について数社から見積書を提出してもらい，検討した結果，国際文献印刷社と東亜印刷株式会社のいづれからとする事とし，細部の打合せ及び契約は理事一任となつた。

（5）文部省刊行補助金申請の件

学会誌刊行費の補助金申請を文部省にすることゝした。

○2月理事会

開催日　昭和 33 年3月7日
場　所　東京水産大学会議室
出席者　会長外 22 名

議　事

（1）会則改正の件

会則改正委員会から改正案の相談を受けたので，改正案を検討した。

（2）学会誌の印刷は Vol. 24, No. 1 から国際文献印刷社と決定した。

○訂　正

23 巻 9 号

頁	行	誤	正
568	下から3行	*Muraenesox*	*Muraenosox*
570	Table 4	known of amounts of	known amounts of
573	上から 15 行	*Muraenesox*	*Muraenosox*
573	上から 16 行	*Branchiost gus*	*Branchiosterus*
574	上から9行	3％の食塩	2％の食塩
574	下から1行	エイ	エソ
575	Table 1 下から4行	Lizard fish 0.08	Lizard fish 0.03
〃	〃　1行	*Muraenesox*	*Muraenosox*
576	上から1行	005	0.05
576	上から8行	エノ	エソ
577	下から5行	Bisset, N. M.	Bisst, H. M.
578	下から2行	Matui	Maturi
〃	〃	Miller	Mtller

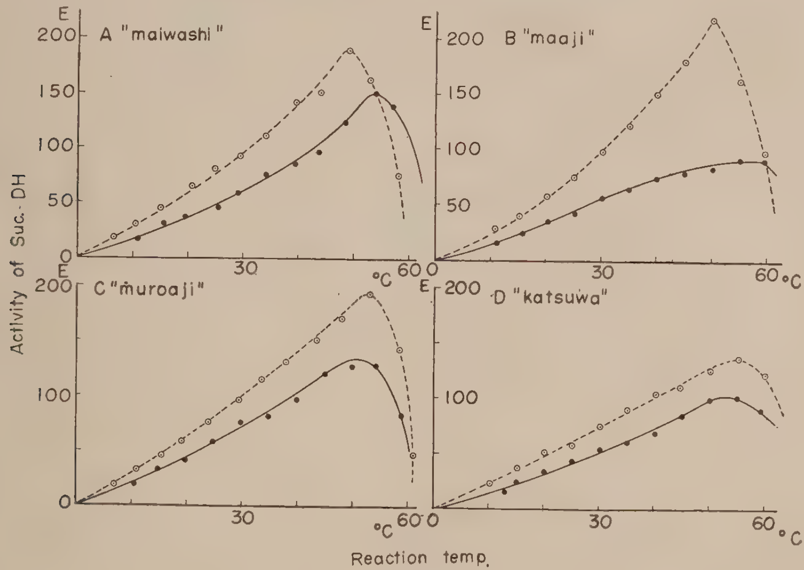
23 巻 10 号

頁		誤	正
654	Fig. 4 中	Ⅳ : glucurone	Ⅰ : glucurone
〃	〃	Ⅲ : xylose	Ⅳ : xylose
〃	Fig. 3 中	0.25％	0.025％
〃	Fig. 5 中	0.25％	0.025％

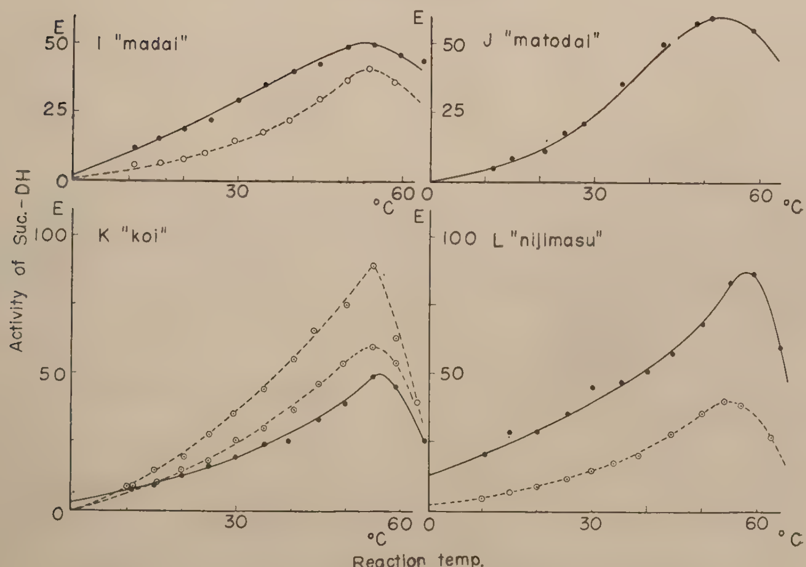
お　詫　び

東海出版印刷株式会社

日本水産学会誌第 23 巻第 10 号所載論文中校了後当社の手落にて過誤がございましたのでお詫び申上げます御手数をかけて恐縮に存じますが 637，638 頁の Fig 1 の図を間違えて印刷致しましたので，下記の部分を御切取りの上，お手もとの会誌 10 号に御貼布訂正下さいますよう御願い致します。



637 頁上段の図



638 頁上段の図

昭和三十三年三月二十日 印刷
昭和三十三年三月二十五日 発行

第二十三巻 第十一号

本号定価 150円
(送料別)

編集兼発行者 松江吉行
東京都港区芝海岸通り6丁目 東京水産大学内
発行所 日本水産学会
東京都港区芝海岸通り6丁目 東京水産大学内
振替口座 東京 59529番

印刷者 篠原収二
印刷所 東海出版印刷株式会社
発売所 東海出版印刷株式会社
東京都中野区江古田3の1223
電話中野(38) 4101・9108